

VISIT...

LANZAROTE  
*Caliente*.COM

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**  
(Конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов)

Красноярск  
2003

Министерство образования Российской Федерации  
Красноярский государственный технический университет

**КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ**  
(Конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов)

Справочное пособие

Красноярск 2003

УДК 621.182 (075.8)

Котельные установки и парогенераторы (конструкционные характеристики энергетических котельных агрегатов): Справочное пособие для курсового и дипломного проектирования студентов специальностей 1005 – "Тепловые электрические станции", 1007 – "Промышленная теплоэнергетика" / Сост. Е.А.Бойко, А.А.Шпиков; КГТУ. Красноярск, 2003. 230 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
университета

© Красноярский государственный технический университет, 2003



## ВВЕДЕНИЕ

В данное справочное пособие включены материалы по устройству и конструкционным характеристикам котельных агрегатов: прямоточных с паропроизводительностью 660–3950 т/ч; с естественной циркуляцией паропроизводительностью 160–690 т/ч; а также высоконапорных парогенераторов, изготавливаемых производственными объединениями «Красный котельщик» и «Сибэнергомаш», а также Подольским машиностроительным заводом (ЗиО).

Котлы предназначены для работы в составе энергоблоков ТЭС и ТЭЦ, а также на ТЭС с поперечными связями.

Для различных типов котлов приведены краткие описания конструкций, основные технические, габаритные характеристики, перечень основного котельно-вспомогательного оборудования.

Типы и параметры котлов соответствуют ГОСТ 3619–89 «Котлы паровые стационарные. Типы, основные параметры».

Технические характеристики паровых котлов приведены в соответствии с требованиями ГОСТ 28 269–89 «Общие технические требования. Котлы паровые стационарные большой мощности».

Высоконапорные парогенераторы представлены по проектным показателям.

Как правило, все котлы выполняются газоплотными, с цельносварными ограждающими панелями.

В пособии представлены типовые конструкции котлов, однако в зависимости от характеристики топлива, места установки и других условий строящейся или расширяемой, а также модернизируемой электростанции завод может вносить изменения в конструкцию котла, в тепломеханические, гидравлические, аэродинамические и прочностные расчеты.

Каждый типоразмер котла обозначен шифром, состоящим из буквенных и цифровых индексов по ГОСТ 3619–89. Буквы обозначают: Е – котлы с естественной циркуляцией, Пп – прямоточные котлы; п – наличие промежуточного перегрева (промперегрева); Пр – принудительная циркуляция, Кп – комбинированная циркуляция и промперегрев. Первые цифры указывают паропроизводительность в т/ч; вторые – давление в МПа, затем – температуру в °С (в числителе – температура первичного пара, в знаменателе – температура пара промперегрева). В случае одинаковой температуры первичного пара и пара промперегрева температура указывают один раз. Далее обозначают буквами вид топлива и тип топки, для котлов с наддувом добавляют индекс «Н».

Для обозначения вида топлива и типа топки установлены следующие индексы: ПА – полуантрацит; К – каменный уголь; Б – бурый уголь; С – сланцы; М – мазут; Г – газ; Д – другие виды топлива.

Типы топок, наиболее распространенные в котлах большой мощности: Т – камерная топка с твердым шлакоудалением; Ж – камерная топка с жидким шлакоудалением; В – вихревая топка; Ц – циклонная топка; Ф – топка кипящего (флюидизированного) слоя.

В скобках приводится заводской шифр модели котла. Каждый завод придерживается собственных условных обозначений отдельных типоразмеров котлов. Наиболее распространенная маркировка, в которой первая буква или буквы характеризуют завод-изготовитель: Т – ПО «Красный котельщик» (Таганрогский) котельный завод – ТКЗ); П – Подольский машиностроительный завод им. Орджоникидзе (ЗиО); БКЗ – ПО «Сибэнергомаш» (Барнаульский котельный завод – БКЗ).

## 1. УСТРОЙСТВО КОТЛОАГРЕГАТОВ

### 1.1. Устройство котлоагрегатов с естественной циркуляцией

Принципиальная схема современного мощного котлоагрегата с естественной циркуляцией, работающего на угольной пыли, показана на рис. 1. Угольная пыль вдувается в топочную камеру вместе с необходимым для горения воздухом через горелки.

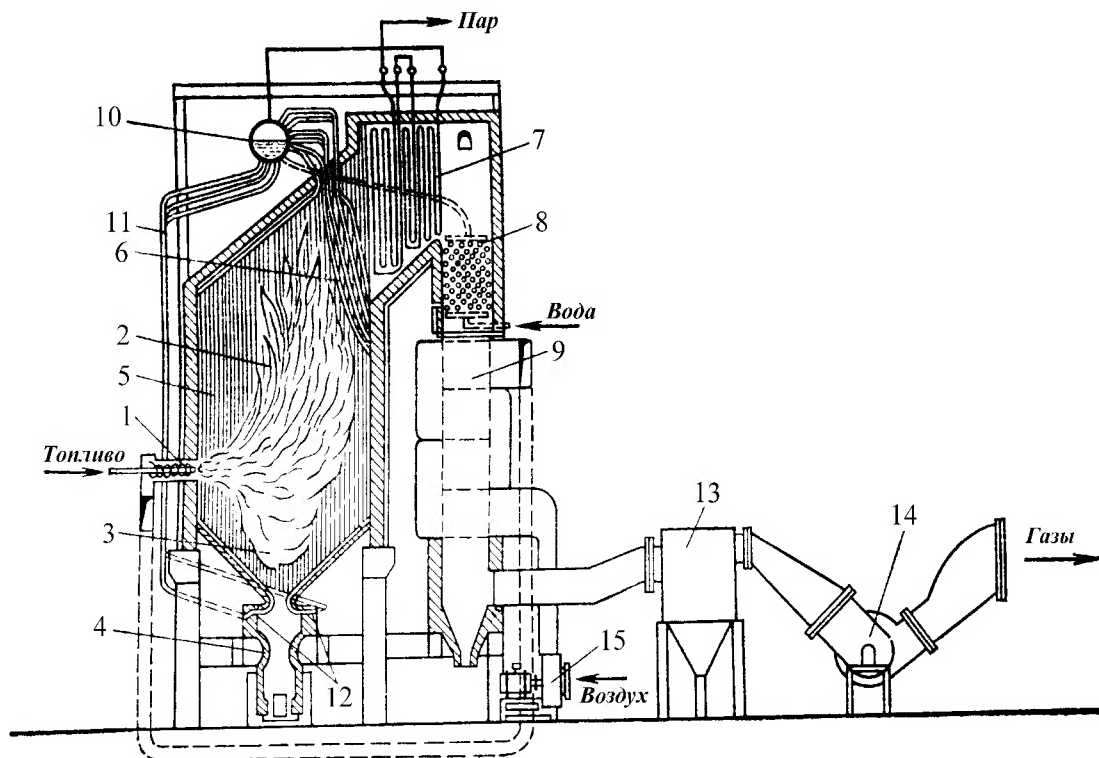


Рис. 1. Схема котлоагрегата с естественной циркуляцией: 1 – горелки; 2 – топка; 3 – холодная воронка; 4 – шлаковая шахта; 5 – трубы экрана; 6 – фестон; 7 – пароперегреватель; 8 – водяной экономайзер; 9 – воздухоподогреватель; 10 – барабан; 11 – опускные трубы; 12 – коллекторы; 13 – золоуловитель; 14 – дымосос; 15 – дутьевой вентилятор

Мелкие частицы угля в топочной камере сгорают, образуя факел, в ядре которого температура достигает  $1500\text{--}2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Стены топочной камеры покрыты трубами, образующими радиационные поверхности нагрева (экраны). По ним циркулирует вода и пароводяная смесь, образующаяся под действием излучения факела. При этом продукты сгорания охлаждаются, на выходе из топочной камеры их температура обычно снижается до  $1000\text{--}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

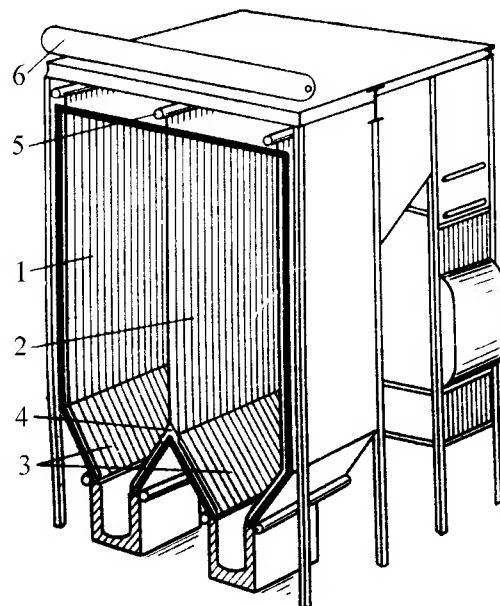
Омывая разреженный пучок труб (фестон) или отдельные змеевики пароперегревателя (ширмы), дымовые газы передают им теплоту частично, конвекцией, частично радиацией и далее поступают в горизонтальный газоход, в котором располагаются змеевики, конвективного пароперегревателя. По змеевикам движется пар, который, отнимая теплоту от продуктов сгорания, перегревается до температуры  $510\text{--}560\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Продукты сгорания, охлажденные в пароперегревателе до  $500\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , направляются в вертикальный опускной газоход, в котором расположены трубы водяного экономайзера. По трубам проходит питательная вода, которая нагревается и поступает в барабан котлоагрегата для пополнения испарившейся в экранах воды. Далее продукты сгорания поступают в воздухоподогреватель, где, проходя внутри трубок, подогревают воздух, подаваемый затем через

горелки в топку. Продукты сгорания охлаждаются в воздухоподогревателе до температуры 110–180 °С и поступают в золоуловитель, в котором отделяется летучая зола, а затем дымососом выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу. Холодный воздух забирается дутьевым вентилятором вверху котельной и подается через воздухоподогреватель и воздухопроводы в топку.

К барабану присоединены многочисленные трубы экранов, по которым в него поступает пароводяная смесь. Пар в барабане отделяется от воды и поступает в пароперегреватель, а оставшаяся вода смешивается с подаваемой питательной водой и по опускным необогреваемым трубам, расположенным снаружи топочной камеры, поступает к нижним коллекторам экранов. Из коллекторов вода распределяется по трубам экрана и, поднимаясь по ним, частично испаряется за счет излучения факела; образовавшаяся пароводяная смесь поступает в барабан.

Подъем пароводяной смеси по трубам экранов и опускание воды по опускным трубам, т. е. естественная циркуляция, происходят за счет разности плотностей воды в опускных трубах и пароводяной смеси в трубах экрана. Поэтому барабанные котлоагрегаты называются котлами с естественной циркуляцией.

Рис. 2. Установка двухсветного экрана котлоагрегата высокого давления паропроизводительностью 420 т/ч (передняя стена топки и фронтный экран условно не показаны): 1 – левый боковой экран; 2 – двухсветный экран; 3 – холодная воронка; 4 – развилки в нижней части двухсветного экрана; 5 – верхняя камера двухсветного экрана; 6 – барабан



Для большего охлаждения факела у многих современных котлоагрегатов паропроизводительностью 400 т/ч и выше топочную камеру делят на две части двухсветным экраном, трубы которого обогреваются лучистой теплотой факела с обеих сторон (рис. 2). В такой топке – две холодные воронки, в которых происходят охлаждение и затвердевание выпавших из факела частиц спекшейся золы, образующих шлак.

Пароперегреватель современного котлоагрегата, в который поступает пар из барабана, называется первичным пароперегревателем. Расширение пара в турбине приводит к тому, что из него выделяются капли влаги, т. е. пар частично конденсируется на последних лопатках турбины, что недопустимо, так как в результате сильных ударов этих капель быстрее изнашиваются детали турбин. Во избежание этого, а также для повышения экономичности работы установки в современных котлоагрегатах с рабочим давлением 13,7

МПа ( $140 \text{ кгс/см}^2$ ) и выше применяется вторичный перегрев пара в промежуточном пароперегревателе, служащем для перегрева пара, возвращаемого из промежуточных ступеней турбины.

В котлоагрегатах среднего давления на перегрев первичного пара затрачивается около 20 % всей теплоты, воспринимаемой котлоагрегатом от дымовых газов. В котлоагрегатах с рабочим давлением  $13,7 \text{ МПа}$  ( $140 \text{ кгс/см}^2$ ) на долю пароперегревателя приходится около 35 % воспринимаемой котлоагрегатом теплоты, а при наличии промежуточного перегрева пара – до 50 % теплоты.

В котлоагрегатах сверхкритического давления выше  $22,1 \text{ МПа}$  ( $225 \text{ кгс/см}^2$ ) на перегрев пара затрачивается еще большая доля теплоты. Поэтому первичные пароперегреватели современных котлоагрегатов высокого и сверхкритического давления имеют три части: радиационную, полурadiационную и конвективную.

Радиационная часть пароперегревателя может покрывать часть стен и потолок топочной камеры.

Полурadiационную часть выполняют в виде ширмового пароперегревателя и обычно располагают в зоне выхода дымовых газов из топки.

Конвективная часть состоит из змеевиков, которые собирают в пакеты и размещают в газоходах котлоагрегата за топочной камерой.

С повышением рабочего давления обеспечение надежной естественной циркуляции воды в котлоагрегате из-за уменьшения разности плотностей воды и пара становится все более затруднительным.

В настоящее время принято считать, что создание надежно работающих котлоагрегатов с естественной циркуляцией возможно лишь для рабочего давления не выше  $18,1 \text{ МПа}$  ( $185 \text{ кгс/см}^2$ ). В России серийные котлоагрегаты с естественной циркуляцией выпускаются с наибольшим рабочим давлением  $13,5 \text{ МПа}$  ( $140 \text{ кгс/см}^2$ ). Котлоагрегаты с давлением выше  $18,1 \text{ МПа}$  ( $185 \text{ кгс/см}^2$ ) выполняют прямоточными.

## 1.2. Устройство прямоточных котлоагрегатов

В прямоточных котлоагрегатах циркуляция пароводяной смеси в трубах происходит принудительно при помощи питательных насосов. На пути движения рабочей среды помещают смесительные коллекторы, разделяющие всю поверхность нагрева на водяной экономайзер, радиационную часть, переходную зону и пароперегреватель.

В водяном экономайзере вода не нагревается до температуры кипения, так как равномерное распределение пароводяной смеси по виткам радиационной части крайне затруднительно.

Первые прямоточные котлоагрегаты конструкции Рамзина (рис. 3, а) имели почти горизонтальную навивку труб 4 топочной камеры. В нижние концы этих труб входит вода, нагретая в водяном экономайзере 2, а из верхних концов выходит пароводяная смесь. Расположение труб на фронтальной и задней стенках топки горизонтальное, а на боковых стенках – с небольшим уклоном. Эти трубы называются радиационной частью котлоагрегата; в них большая часть воды превращается в пар, воспринимая теплоту путем радиации.

В современных прямоточных котлоагрегатах на сверхкритическое давление радиационная часть выполнена в виде панелей – прямых вертикальных или изогнутых труб (рис. 3, б).

В котлоагрегатах большой паропроизводительности по высоте топочной камеры располагают нижнюю часть (НРЧ), верхнюю радиационную часть (ВРЧ), а иногда и среднюю радиационную часть (СРЧ).

Все панели радиационной части топки имеют входные и выходные коллекторы, соединенные между собой необогреваемыми перепускными трубами. Из труб радиационной части пароводяная смесь направляется в дополнительную поверхность нагрева, называемую переходной зоной, где происходит испарение воды, находящейся в пароводяной смеси и частичный перегрев пара (на 50–60 °С). Необходимость устройства переходной зоны диктуется тем, что в прямоточном котлоагрегате вода полностью испаряется в трубах за один ход. При этом часть находящихся в воде солей оседает на внутренней поверхности сравнительно небольшого участка труб переходной зоны, в которой завершается испарение воды, исключая тем самым, занос солей капельками влажного пара в пароперегреватель котлоагрегата при изменении режима его работы.

Переходная зона выделена в отдельный конструктивный элемент, расположенный между пароперегревателем и верхней секцией воздухоподогревателя, в зоне более низкой температуры дымовых газов, где небольшой слой накипи, оседающей на внутренних стенках труб, создает меньшую опасность перегрева металла труб.

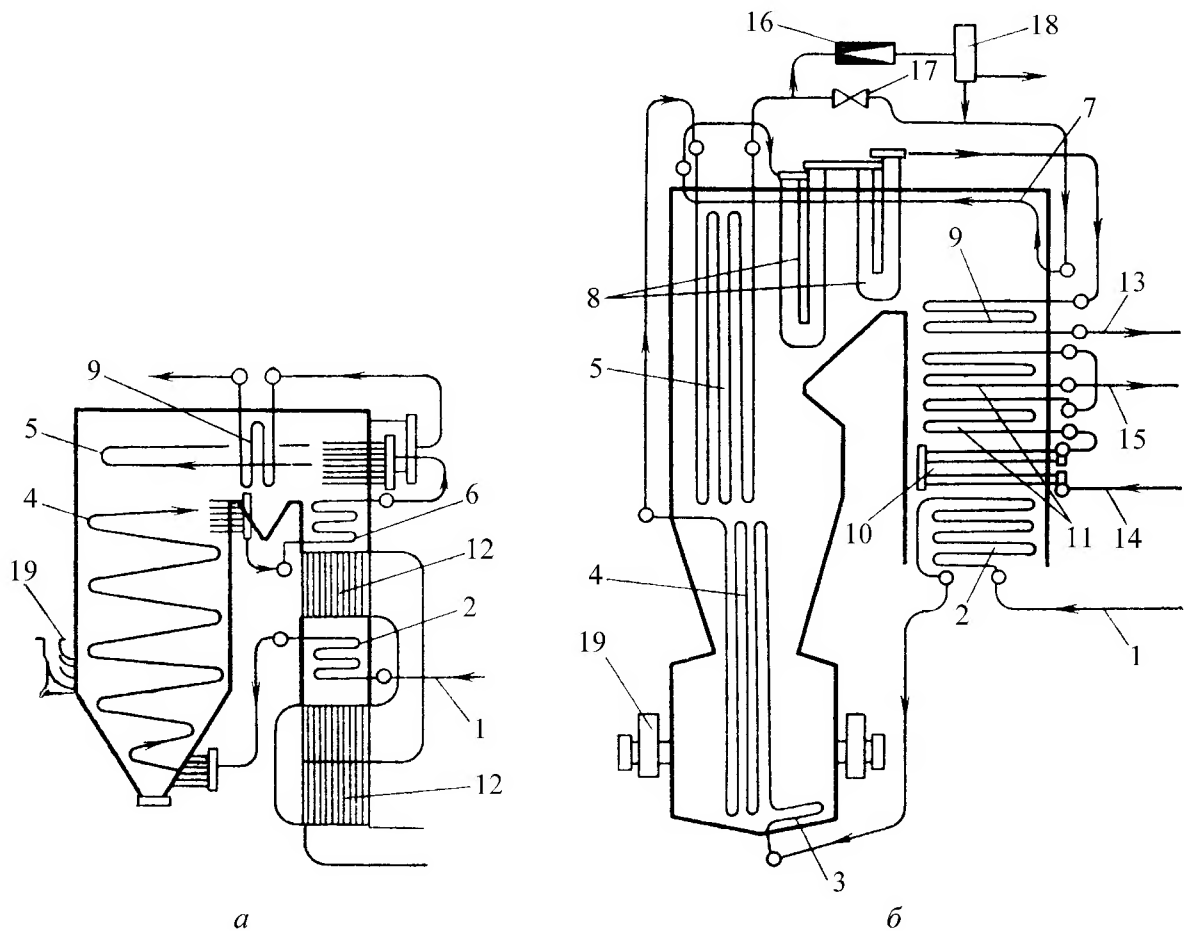


Рис. 3. Схемы прямоточных котлоагрегатов: а – котлоагрегат Рамзина докритического давления; б – котлоагрегат сверхкритического давления; 1 – вход питательной воды; 2 – водяной экономайзер; 3 – подовый экран; 4 – НРЧ; 5 – ВРЧ; 6 – переходная зона; 7 – потолочный экран; 8 – ширмовый перегреватель; 9 – конвективная часть первичного пароперегревателя; 10 – газопаровой теплообменник; 11 – промежуточный пароперегреватель; 12 – воздухоподогреватель; 13 – выход первичного пара из котлоагрегата; 14 и 15 – вход и выход пара из промежуточного пароперегревателя; 16 – дроссельный клапан; 17 – встроенная задвижка; 18 – растопочный сепаратор; 19 – пылеугольная горелка

Из переходной зоны пар поступает в пароперегреватели. Таким образом, вода проходит весь тракт без многократной циркуляции, напрямую, в связи с чем такие котлоагрегаты и называются прямоточными. Прямоточный котлоагрегат не имеет барабана.

Принудительное движение воды и пароводяной смеси (среды) в прямоточных котлоагрегатах позволяет применять повышенную скорость движения среды и соответственно трубы меньшего диаметра по сравнению с котлоагрегатами с естественной циркуляцией.

Из-за повышенной скорости движения среды расход электроэнергии на привод питающего насоса для прямоточных котлоагрегатов выше, чем для котлоагрегатов с естественной циркуляцией.

### 1.3. Устройство котлоагрегатов, работающих под наддувом

В последние годы получили распространение котельные агрегаты, работающие без дымососов, под наддувом, создаваемым дутьевыми вентиляторами (воздуходувками). В топке и газоходах этих котлоагрегатов устанавливается избыточное давление, которое и создает движение и удаление дымовых газов. Давление в топке 3,5–6,0 кПа (350–600 мм вод. ст.).

Котлоагрегаты, работающие под наддувом, не имеют присосов холодного воздуха, вследствие чего их коэффициент полезного действия (КПД) несколько выше за счет уменьшения потерь теплоты с уходящими газами. Необходимая плотность газового тракта котлоагрегата обеспечивается изготовлением стен топки, переходного газохода и конвективной шахты из цельносварных трубных панелей с газоплотной обмазкой. Схема циркуляции воды, пароводяной смеси и пара в таких котлах аналогична как и у котлоагрегатов с естественной и принудительной циркуляцией.

### 1.4. Компоновка котельных агрегатов

Компоновка – взаимное расположение элементов котлоагрегатов как с естественной циркуляцией, так и прямоточных. Компоновка чаще всего выполняется по П-образной схеме (см. рис. 1), имеющей два вертикальных и один горизонтальный газоход.

В первом вертикальном газоходе расположена топка с радиационными поверхностями нагрева и движение газов в нем направлено вверх; в горизонтальном газоходе размещается пароперегреватель или его часть, а во втором вертикальном газоходе – конвективные поверхности нагрева – пароперегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель. Здесь движение газов происходит сверху вниз. В некоторых компоновках воздухоподогреватель устанавливается отдельно.

Основными преимуществами П-образной компоновки являются возможность размещения тягодутьевых и золоулавливающих устройств на уровне земли, что значительно уменьшает нагрузку на строительные конструкции здания, облегчает их и удешевляет. Уменьшается также площадь котельной за счет меньшего размера котлоагрегата, расположенного по длине здания.

Для достижения более интенсивной теплопередачи в элементах поверхности нагрева котлоагрегата должна быть достаточно большая разность температур между дымовыми газами и рабочим телом (водой или паром) внутри обогреваемых труб.

Кроме П-образной котлоагрегаты имеют и другие компоновки. Таганрогским котлостроительным заводом изготавливаются котлоагрегаты с естественной циркуляцией паропроизводительностью 500 т/ч (ТП-90) и 640 т/ч (ТП-100), имеющие Т-образную компоновку. При этой компоновке (рис. 4, а) топка расположена между двумя вертикальными опускными конвективными газоходами. В горизонтальных газоходах расположены ширмы и конвективные части первичного пароперегревателя. В опускных газоходах размещены конвективный промежуточный пароперегреватель, водяной экономайзер и трубчатый



воздухоподогреватель. Подольским машиностроительным заводом созданы прямоточные котлоагрегаты Т-образной компоновки паропроизводительностью 1000 и 1650 т/ч. Котлоагрегаты с Т-образной компоновкой получают большое распространение при сжигании низкокалорийных углей: разрабатываются котлы типа П-67 паропроизводительностью 2650 т/ч (ЗиО) для сжигания канско-ачинских углей и ТПП-804 паропроизводительностью 2650 т/ч (ТКЗ) для сжиганий донецких и кузнецких углей.

На рис. 4, б представлен котлоагрегат ТП-67 Таганрогского котлостроительного завода, имеющий N-образную компоновку, предназначенный для сжигания сланцев и других топлив с очень легкоплавкой золой.

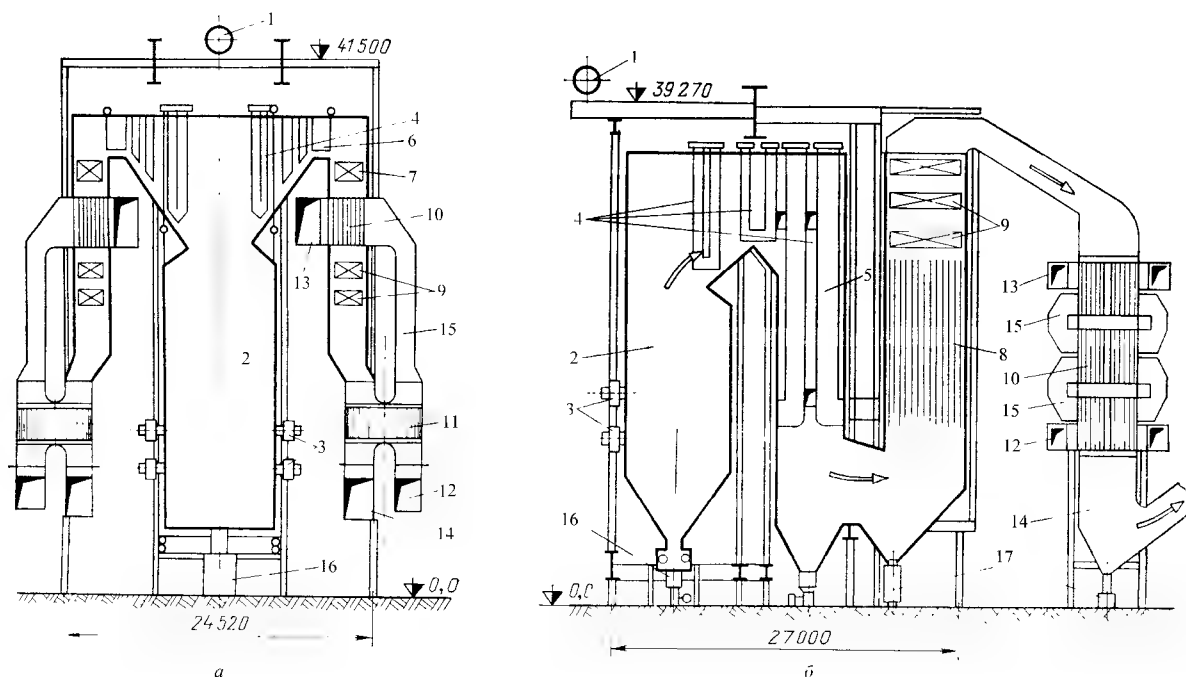


Рис. 4. Компоновка котлоагрегатов: а – котлоагрегат ТП-100 Т-образной компоновки для сжигания антрацита; б – котлоагрегат ТП-67 N-образной компоновки для сжигания сланцев; 1 – барабан; 2 – топка; 3 – горелка; 4 – ширмы первичного пароперегревателя; 5 – ширмы промежуточного пароперегревателя; 6 – конвективный первичный пароперегреватель; 7 – конвективный промежуточный пароперегреватель; 8 – ширмы экономайзера; 9 – конвективный экономайзер; 10 и 11 – трубчатый и регенеративный воздухоподогреватели; 12 и 13 – вход и выход воздуха из воздухоподогревателя; 14 – выход дымовых газов из котлоагрегата; 15 – воздуховод; 16 – аппарат гидравлического шлакоудаления; 17 – аппарат для удаления летучей золы

Во избежание сильного налипания золы на трубах весь пароперегреватель выполнен в виде вертикальных ширм с шагом 0,5 м, что и потребовало устройства третьего вертикального газохода.

В настоящее время разрабатываются варианты конструкций мощных котлоагрегатов с башенной компоновкой, при которой продукты сгорания в топке и конвективной шахте движутся вверх. Преимуществами этой компоновки являются минимальная площадь, занимаемая котлоагрегатом, минимальное газовое сопротивление и более равномерное омывание газами конвективных поверхностей нагрева. К недостаткам такой компоновки относятся сложность конструкций для крепления конвективных поверхностей и размещение на большой высоте выходных пакетов пароперегревателей и вентиляторов.

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛОАГРЕГАТОВ

### 2.1. Топки для сжигания пылевидного топлива

Топка для сжигания пылевидного топлива (см. рис. 1) представляет собой прямоугольную камеру 2, в которой выгорание топлива происходит в факеле, заполняющем ее объем. Пылеугольные топки по способу удаления шлака делятся на топки с твердым и жидким шлакоудалением.

В топках с твердым шлакоудалением более крупные частицы шлака падают на дно топки, скатываются по откосам ее холодной воронки и попадают в шлаковую шахту, где они охлаждаются струями воды.

В топках с жидким шлакоудалением на дно топки (под топку) оседает расплавленная зола (шлак). Жидкий шлак вытекает из топки через летку и сливается в короб с водяной ванной.

Пылевидное топливо вводится в топку через горелки 1 (см. рис. 1), которые должны обеспечить перемешивание пыли и воздуха и возможно более раннее воспламенение пылевоздушной смеси, и более полное выгорание пыли. Горелки располагаются на стенах топки в один или несколько рядов по высоте либо по ее углам.

Для сжигания твердого топлива в пылевидном состоянии используются щелевые либо турбулентные (вихревые) горелки.

На рис. 5, а изображена щелевая горелка с круглыми соплами, а на рис. 5, б – щелевая горелка с тремя вертикальными щелями. В этой горелке через среднюю щель проходит вторичный воздух, а через крайние – первичный. Вторичный воздух подается и в нижнюю часть боковых щелей для предотвращения выпадения угольной пыли и для лучшего перемешивания потока. При расположении горелок вблизи углов топки выходящие из них струи воздуха создают круговое движение газов в центре топки (рис. 5, д).

При аксиальном (осевом) расположении горелок (рис. 6, а и 6, в) воздушные потоки сталкиваются в центре топочной камеры, в результате чего часть горячей угольной пыли направляется вверх, а другая часть поворачивает вниз, а затем, двигаясь снова вверх, проходит вблизи мест ввода в топку еще не загоревшейся пылеугольной смеси.

При тангенциальном расположении горелок (рис. 6, б и 6, г) воздух направляется по касательным к воображаемому кругу в центре топки, вызывая вихревое движение горящих частиц угольной пыли.

Турбулентные (вихревые) горелки, получившие широкое распространение, имеют две или одну улитку.

Вихревая горелка ТКЗ (рис. 7, а) имеет две завихряющие улитки. В меньшую улитку 1 вводится пылевоздушная смесь, в большую 2 – вторичный воздух. Оба завихренных потока по кольцевым каналам 3 и 4 раздельно поступают в топку. Мазутная форсунка 5, используемая при растопке и при малых нагрузках котлоагрегатов, устанавливается в центральной трубе.

На рис. 7, б представлен продольный разрез пылегазовой горелки, предназначенной для сжигания угля и природного газа, а на рис. 8 – вихревая горелка с одной улиткой без закрутки первичного воздуха. Следует отметить, что присос в топку холодного наружного воздуха через неплотности в обмуровке и обшивке топки оказывает вредное влияние на процесс горения и увеличивает потери теплоты в топке.

Для сжигания пыли, получаемой в установках с молотковыми мельницами и шахтными сепараторами, применяют два типа горелочных устройств.

В одной конструкции вторичный воздух вводится в топку через шлицы (щели), расположенные выше и ниже прямоугольного отверстия для ввода пылевоздушной смеси в топку. В другой конструкции, так называемой эжекторной горелке (см. рис. 9), вторичный воздух подается в центральную часть пылевоздушного потока и вдувается в топку через



сопла в двух различных направлениях, увлекая за собой пылевоздушную смесь и постепенно перемешиваясь с ней.

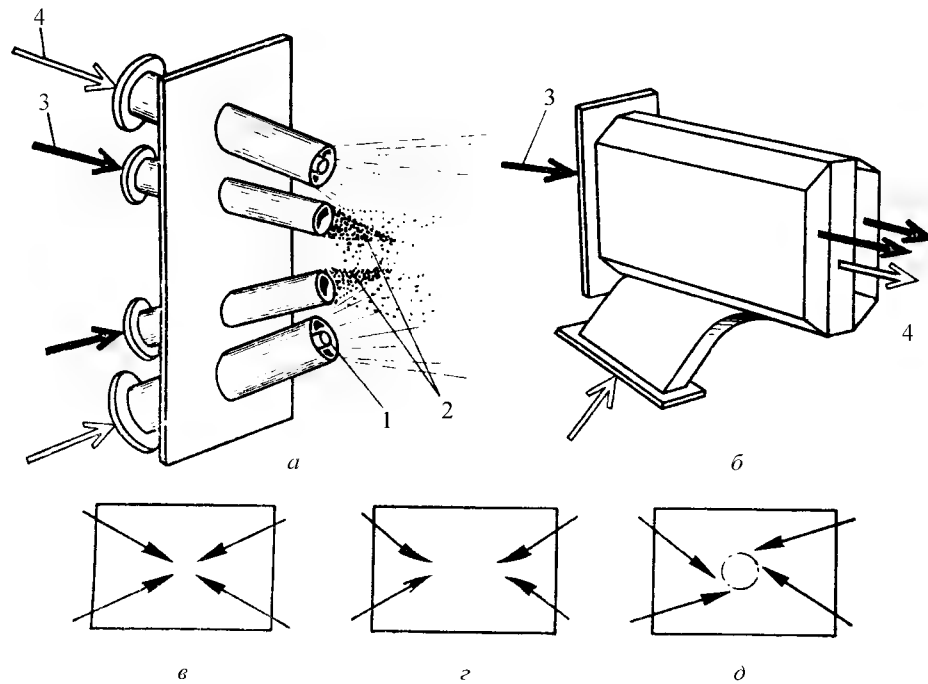


Рис. 5. Схемы устройства и работы прямоточных пылеугольных горелок: 1 – насадка для подачи природного газа; 2 – незагоревшее топливо в центральной части пылевоздушного потока; 3 – пылевоздушная смесь; 4 – вторичный воздух

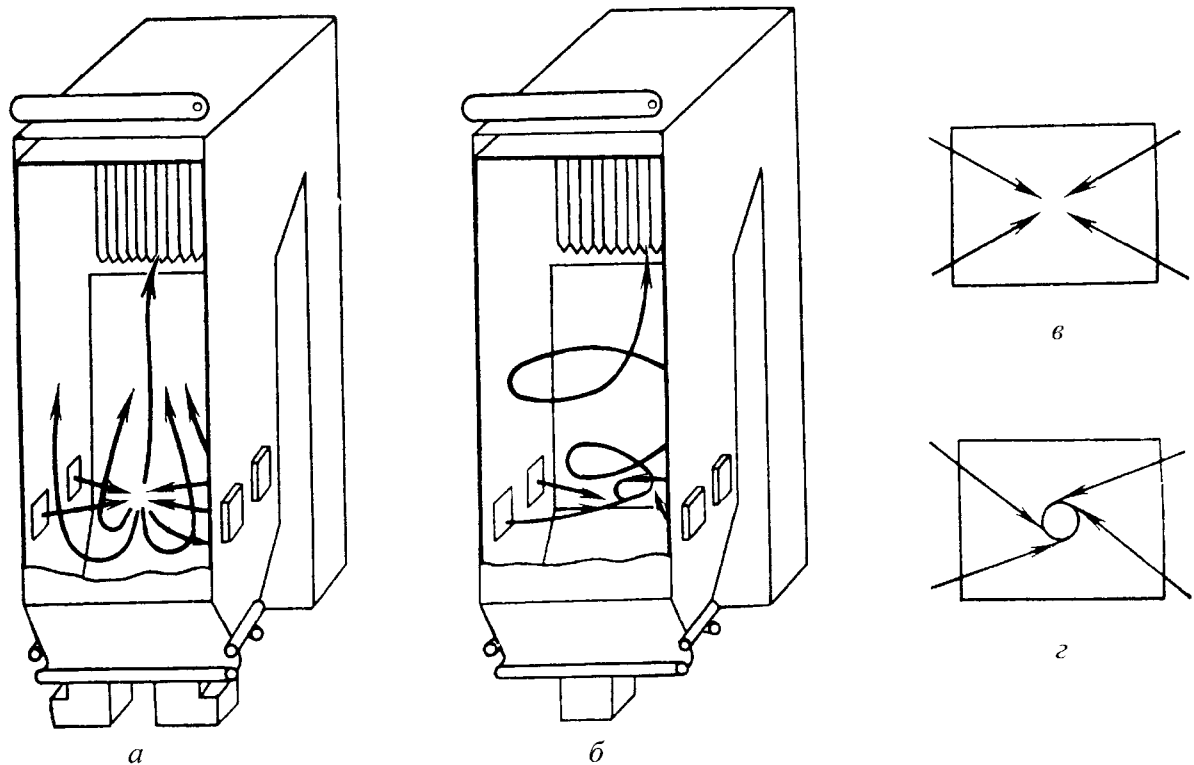


Рис. 6. Схемы движения газов в топках со щелевыми горелками

### 2.1.1. Циклонные топки

Сжигание топлива факельным способом, имеет тот недостаток, что частицы топлива, независимо от их размера, пребывают в топочном объеме ограниченное время (2–3 с), определяемое скоростью движения факела и продуктов сгорания в топке.

Вихревые циклонные топки лишены этого недостатка. К топке котлоагрегата пристраивается цилиндрический циклон (рис. 10); в котором пылевоздушная смесь 1 закручивается по спирали вторичным воздухом 2.

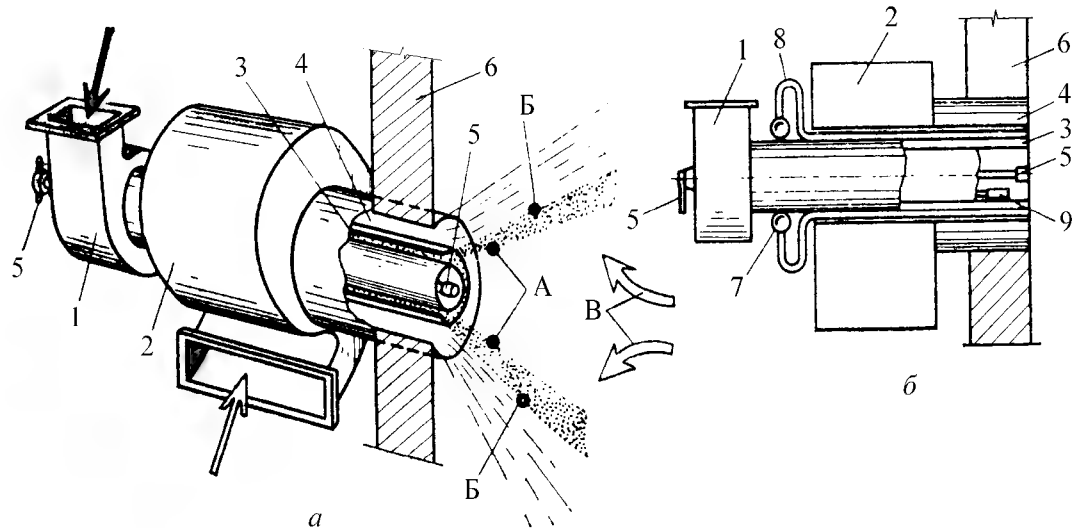
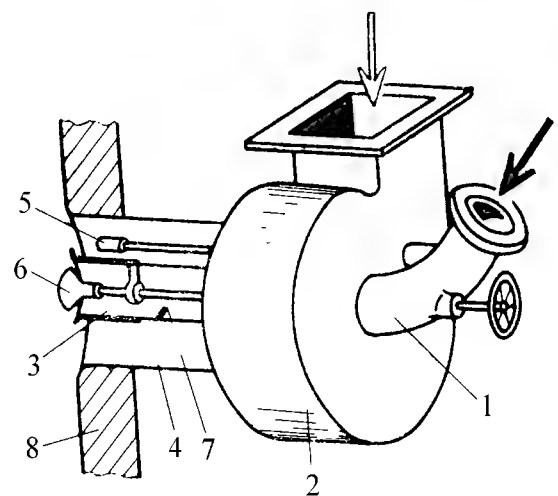


Рис. 7. Схемы двухулиточных вихревых горелок: а – пылеугольная горелка; б – пылегазовая горелка; 1 – улитка пылевоздушной смеси; 2 – улитка вторичного воздуха; 3 и 4 – кольцевые каналы для пылевоздушной смеси и вторичного воздуха; 5 – мазутная форсунка; 6 – обмуровка; 7 – кольцевой коллектор природного газа; 8 – одна из труб природного газа, расположенных вокруг канала 3; 9 – наконечник газового электрозапальника; А и Б – соответствующие зоны начала и окончания воспламенения топлива; В – направление движения топочных газов.

Рис. 8. Вихревая горелка ОРГРЭС без закрутки первичного воздуха: 1 – входной патрубок первичного воздуха; 2 – улитка вторичного воздуха; 3 и 4 – выходные кольцевые каналы первичного и вторичного воздуха; 5 – мазутная форсунка; 6 – расщекатель; 7 – завихряющий порог; 8 – обмуровка.



Внутренняя поверхность циклона защищена шипованными экранными трубами, покрытыми огнеупорной набивной массой. Мелкие частицы топлива сгорают на лету в предтопке. Крупные частицы топлива центробежной силой отбрасываются на стены и полностью выгорают на пленке из жидкого шлака независимо от длительности пребывания продуктов сгорания в циклоне и скорости их перетекания в камеру дожигания (топку) и охлаждения через амбразуру 3 циклона.

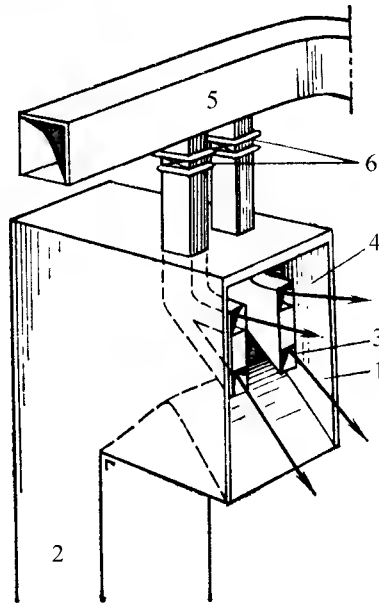


Рис. 9. Схема эжекторной горелки: 1 – амбразура горелки для подачи пылеугольной смеси; 2 – мельничная шахта; 3 и 4 – нижние и верхние эжекторные сопла; 5 – короб горячего воздуха; 6 – шиберы

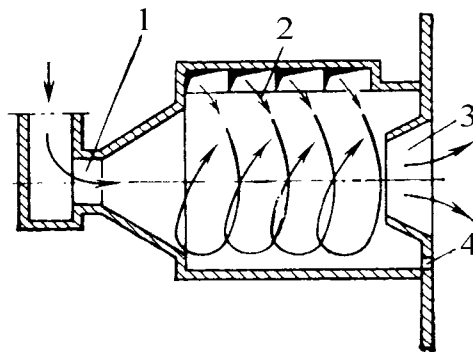


Рис. 10. Принцип работы горизонтального предтопка

В предтопке улавливается 60–85% золы, которая в виде жидкого шлака удаляется через лотку 4. Таким образом, еще одним преимуществом циклонных топок по сравнению с факельными является высокая степень шлакоулавливания. Недостатком циклонных топок является высокий напор дутьевых вентиляторов, необходимый для создания скорости вторичного воздуха, достигающей 120 м/с.

Циклонные топки выполняются как с горизонтальными циклонами (рис. 11, а), так и с вертикальными циклонными предтопками (рис. 11, б).

### 2.1.2. Устройства для удаления шлака

Для удаления шлака из топок мощных котлоагрегатов применяют механизированные устройства непрерывного действия.

Устройство со скребковым транспортером, передвигающим шлак по дну ванны, заполненной водой, показано на рис. 12, а.

Уровень воды в ванне поддерживается переливной трубой. Скребковый транспортер сбрасывает шлак в шлакодробилку, а затем в канал гидрозолоудаления. Для топок с гранулированным шлакоудалением надобность в шлакодробилке для некоторых топлив (особенно для бурых углей) отпадает, так как при попадании в воду шлак растрескивается.

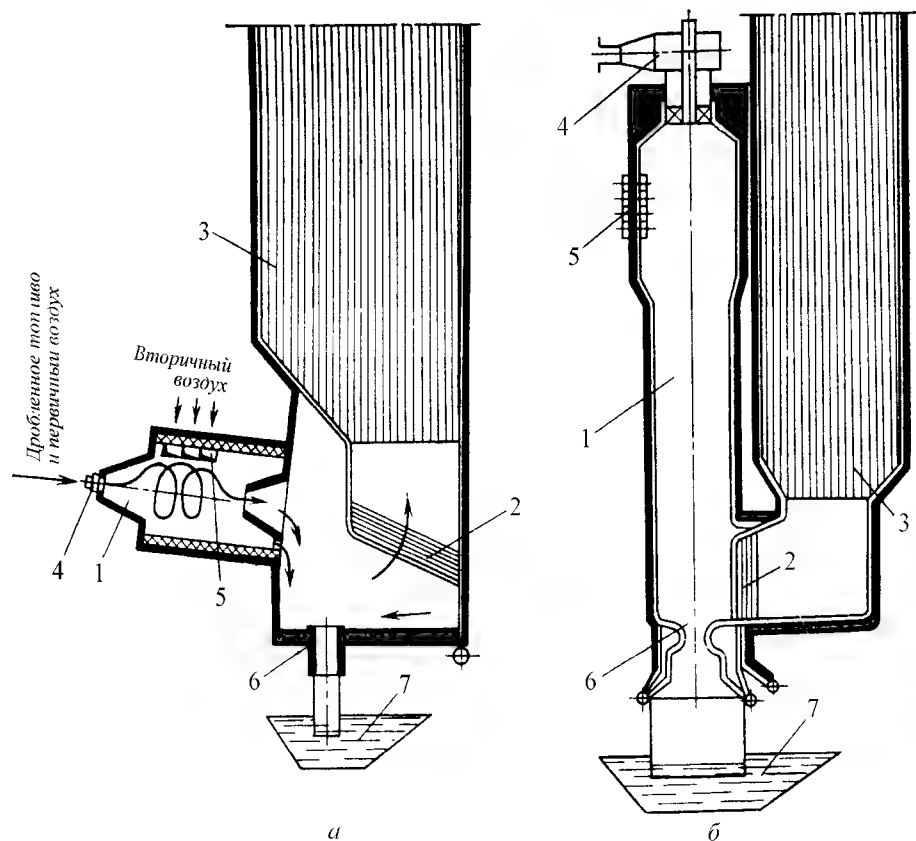


Рис. 11. Устройство циклонных топок: а – топка с горизонтальными (наклонными) циклонами; б – топка с вертикальными циклонными предтопками; 1 – камера горения (циклон); 2 – шлакоулавливающий пучок; 3 – камера охлаждения; 4 – горелка; 5 – сопла вторичного воздуха; 6 – шлаковая летка; 7 – шлаковая ванна

Другая конструкция механизированного шлакоудаляющего устройства со шнеком, расположенным под углом  $17^\circ$  к горизонту, представлена на рис. 12, б. Шнек, вращаясь, подает шлак в дробилку. На верхнем конце шнека расположен шарнир, позволяющий валу шнека приподниматься при попадании кусков шлака под виток и избежать повреждения шнека.

Описанные устройства применяют для топок как с твердым, так и с жидким шлакоудалением.

## 2.2. Топки для сжигания жидкого и газообразного топлива

Жидкое, и газообразное топливо для сжигания подается в топку через мазутные форсунки и газовые горелки. Принцип действия мазутных форсунок заключается в следующем: мазут распыливается на мельчайшие капли, которые заполняют весь топочный объем. Отсутствие крупных капель является обязательным условием экономичного сжигания мазута.

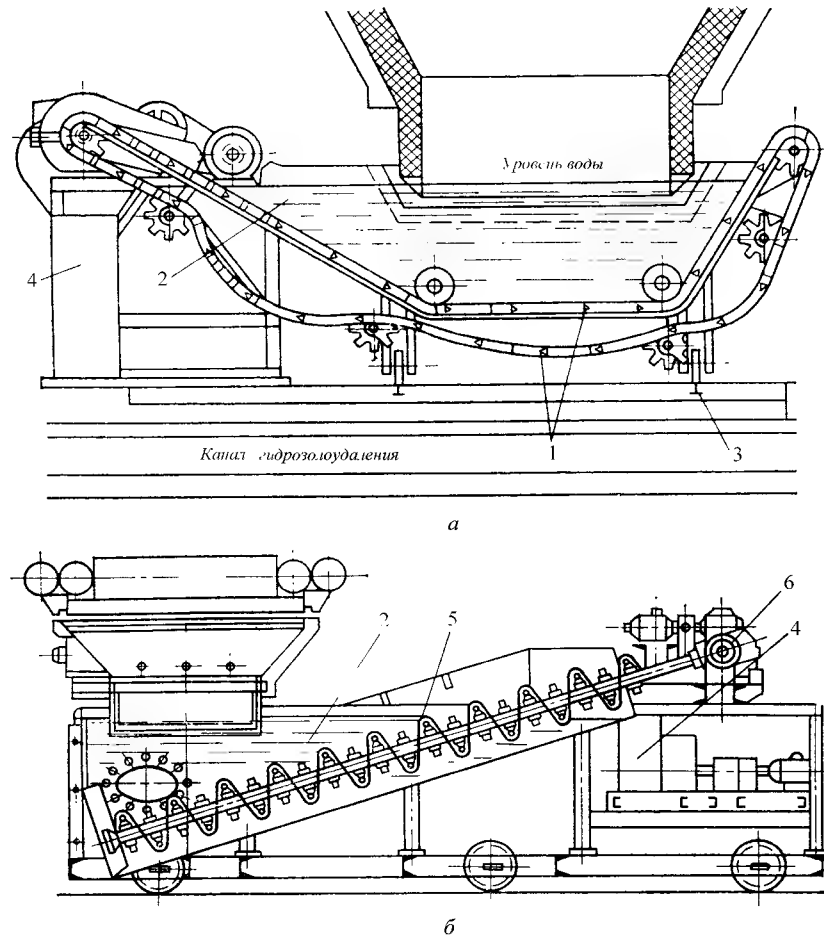


Рис. 12. Устройства для механизированного непрерывного шлакоудаления: *а* – со скребковым транспортером; *б* – со шнеком; 1 – транспортер; 2 – ванна; 3 – рельсы; 4 – шлакодробилка; 5 – винтовой шнек; 6 – шарнир

Широко распространены форсунки с паровым распыливанием мазута, применяемые в качестве растопочных, и форсунки механического распыливания, устанавливаемые на котлоагрегатах, где мазут является основным топливом. В последней конструкции форсунок распыливание осуществляется повышением давления мазута до 2–3,4 МПа (20–35 кгс/см<sup>2</sup>).

Так как состав и теплота сгорания различных видов газообразного топлива сильно различаются, то конструкции горелочных устройств для их сжигания весьма разнообразны.

Основным условием экономичного сжигания природного газа является хорошее перемешивание его с воздухом. Это достигается введением газа в воздушный поток с очень

высокой скоростью (70–140 м/с) при скорости воздуха 30 м/с. При сжигании газообразного топлива всегда предусматривается резервное топливо, обычно мазут.

Особенностью газомазутной горелки, показанной на рис. 13, является наличие механизма, который перед включением подачи одного топлива выключает подачу другого.

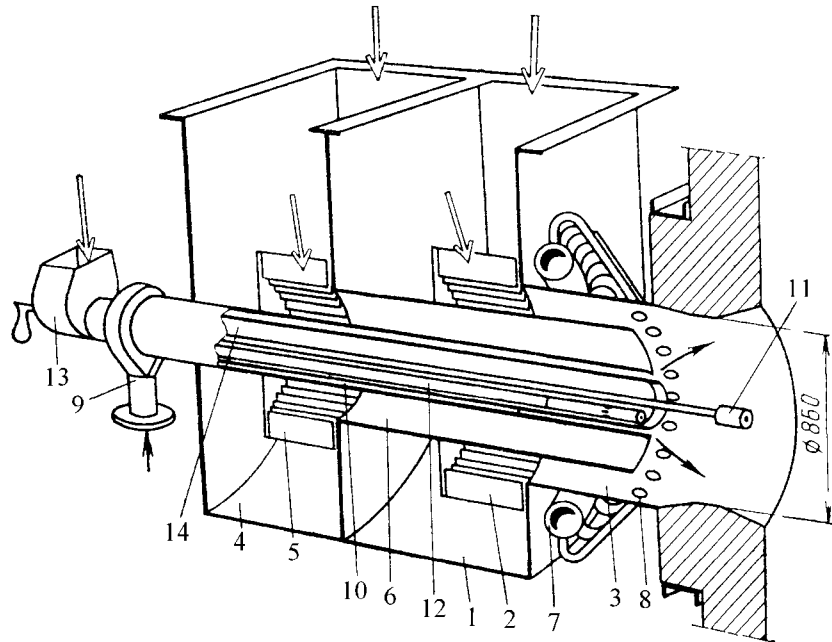


Рис. 13. Газомазутная горелка производительностью 4 т/ч по мазуту и 78 м<sup>3</sup>/ч по природному газу: 1 – воздушный короб; 2 – завихряющие лопатки; 3 – кольцевой канал для периферийного воздуха; 4, 5 и 6 – те же элементы для внутреннего потока воздуха; 7 – кольцевой коллектор природного газа; 8 – отверстия для периферийной подачи природного газа; 9 и 10 – соответственно входная труба и кольцевой канал для центральной подачи природного газа; 11 – мазутная форсунка; 12 – газовый электрозапальник; 13 и 14 – входной короб и центральная труба для подачи воздуха к мазутной форсунке

Так, при включении подачи мазута мазутная форсунка автоматически выдвигается в топку. При переводе котлоагрегата на газ форсунка перемещается на прежнее место, после чего включается подача газа через трубу, имеющую на конце радиально расположенные отверстия. При отключении горелки по топливу одновременно автоматически закрываются и шиберы для воздуха.

Для обеспечения нормального процесса горения топлива воздух, необходимый для горения, подогревается в воздухоподогревателе. Температура подогрева воздуха зависит от сорта топлива и способа удаления шлака из топки.

### 2.3. Барабаны, устройства для сепарации пара от влаги, ступенчатое испарение

Барабаны современных котлоагрегатов высокого давления с естественной циркуляцией имеют внутренний диаметр 1600 мм, толщину стенок более 100 мм и длину до 20 м. Масса такого барабана составляет около 100 т.

Барабаны изготавливаются сварными из листовой стали и имеют штуцера, к которым привариваются трубы. Тепловое расширение барабанов обеспечивается роликовыми опо-

рами, устанавливаемыми на основных балках каркаса (рис. 14). Во время работы барабан удлиняется на 70–100 мм.

Пар, выходящий из барабана, не должен уносить с собой капли воды в пароперегреватель, так как при испарении воды содержащиеся в ней соли могут отлагаться в трубах, что связано с опасностью их пережога. Для уменьшения уноса воды из барабана паром внутри барабана устанавливаются сепарационные устройства, предназначенные для разделения (сепарации) влаги и пара. Этим условиям отвечают циклонные сепараторы, размещаемые внутри барабана, так называемые внутрибарабанные циклоны, получившие широкое распространение (рис. 15).

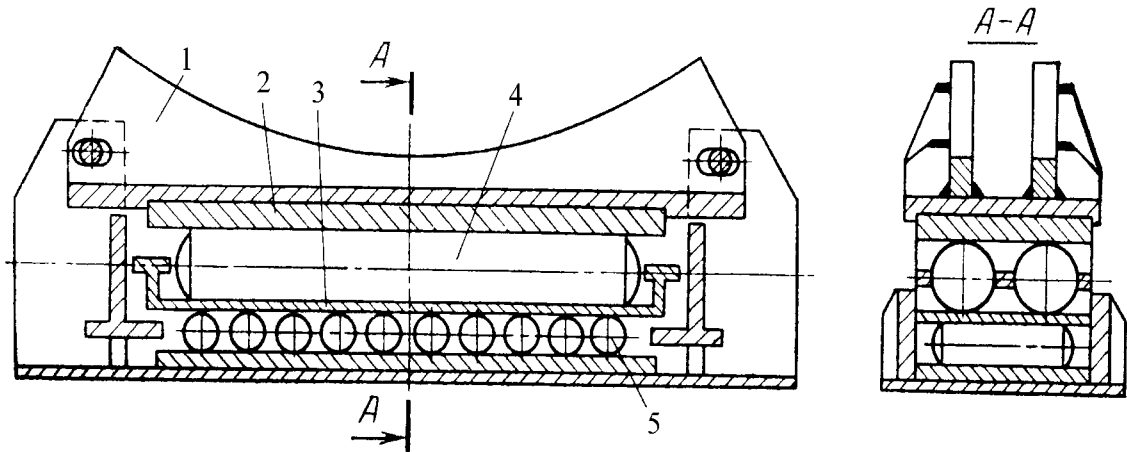


Рис. 14. Подвижная роликовая опора барабана котлоагрегата: 1 – подушка; 2 – плита; 3 – обойма; 4 – поперечные ролики; 5 – продольные ролики

Пароводяная смесь вводится в циклон по касательной к поверхности цилиндра; центробежная сила прижимает крупные капли воды к стенкам циклона, по которым они стекают вниз. Благодаря поддону, расположенному под циклоном, вихревое движение не передается воде, находящейся в водяном пространстве барабана, и поверхность воды остается спокойной. Пар выходит из верхней части циклона и проходит через верхний дырчатый лист, улавливающий мелкие капли воды, оставшиеся в паре.

В барабанах котлоагрегатов большой паропроизводительности устанавливают десятки таких циклонов.

Часто для сепарации пара применяются жалюзийные щиты (рис. 16), состоящие из гофрированных стальных пластин, которые устанавливаются в верхней части барабана. Пар поднимается по каналам, образуемым пластинами, и находящиеся в нем капли влаги оседают на пластинах и стекают вниз. Отдельные капли воды, оставшиеся в паре, улавливаются дырчатым листом.

Для хорошей сепарации влаги в жалюзийных щитах не должно оставаться щелей, по которым мог бы протекать пар помимо каналов, образуемых пластинами.

Котловая вода содержит значительное количество растворенных щелочей и фосфатов, которые способствуют образованию слоя пены на поверхности воды в барабане.

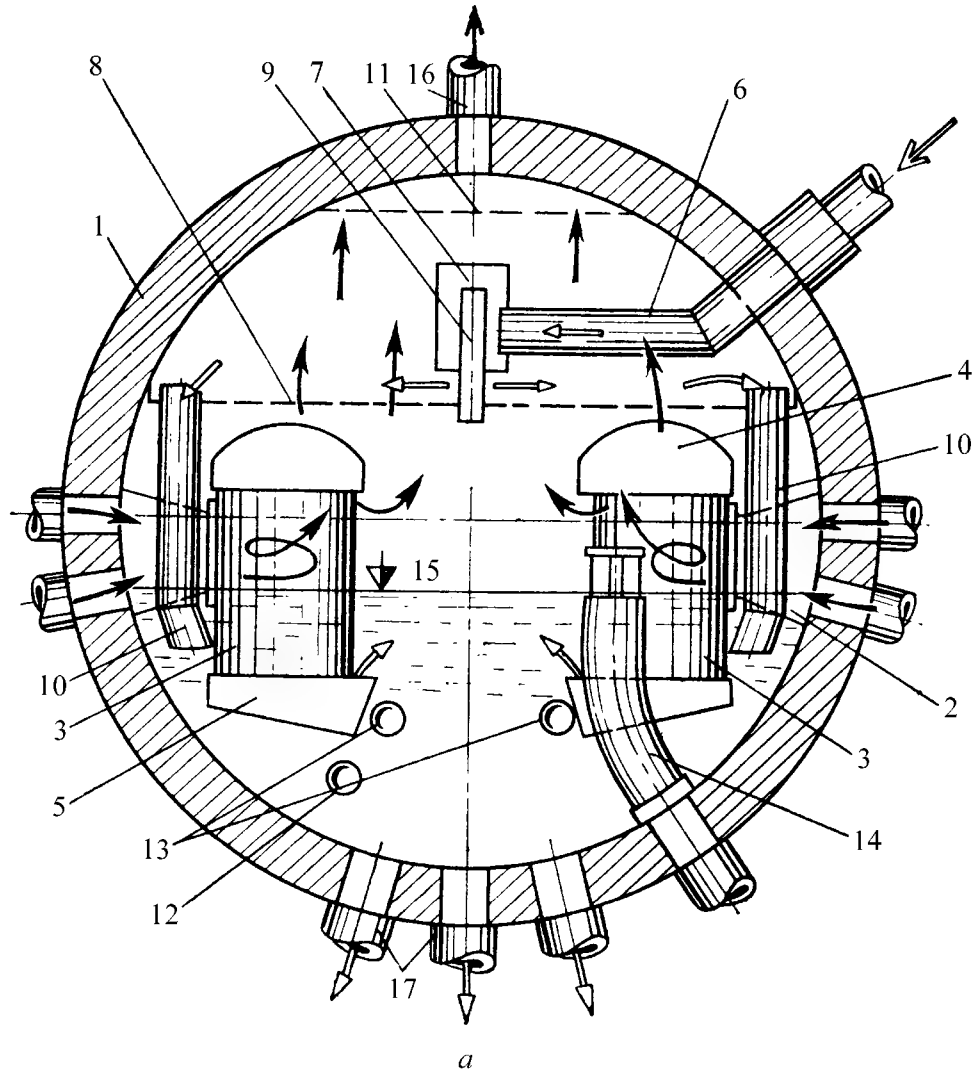


Рис. 15. Сепарационные внутрибарабанные циклоны: 1 – барабан; 2 – короб для вводимой в барабан пароводяной смеси; 3 – циклон; 4 – крышка циклона; 5 – поддон циклона; 6 – труба, подающая питательную воду; 7 – короб, раздающий питательную воду; 8 – промывочный щит; 9 – насадка, отводящая воду помимо промывочных щитов; 10 – труба для слива питательной воды; 11 – верхний дырчатый лист; 12 – труба для подачи фосфатов; 13 – труба для парового разогрева барабана при растопке котлоагрегата; 14 – труба аварийного сброса воды; 15 – средний уровень воды; 16 – выход насыщенного пара; 17 – водоотпускные трубы экранов

При интенсивном парообразовании часть пены может уноситься с паром из барабана и растворенные в ней вещества могут образовать в трубах пароперегревателя слой опасной накипи. Для борьбы с этим явлением применяют размыв пены питательной водой, в которой содержится меньше солей. Благодаря этому пена растворяется в питательной воде и ее слой уменьшается.

На рис. 16 показано устройство для размыва пены в котлоагрегатах среднего давления с вводом питательной воды в питательное корыто.

Для промывки пара питательной водой в верхнюю часть барабана вводится питательная вода, вытекающая из горизонтальной трубы, разливается по дырчатому щиту и стекает в отводящий короб. Пар промывается, проходя снизу вверх через отверстия в щите и слой воды. Схема устройства для промывки пара показана на рис. 17.



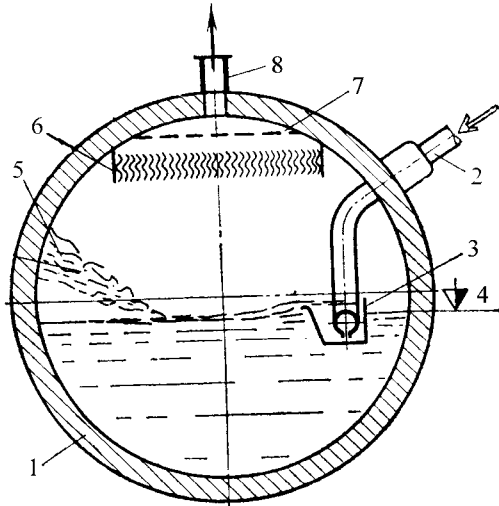


Рис. 16. Схема сепарации пара в жалюзийных щитах и размыва пены питательной водой: 1 – стенка барабана; 2 – ввод питательной воды в барабан; 3 – питательное корыто; 4 – уровень воды в барабане; 5 – пена; 6 – жалюзийные щиты; 7 – дырчатый лист; 8 – вывод пара из барабана

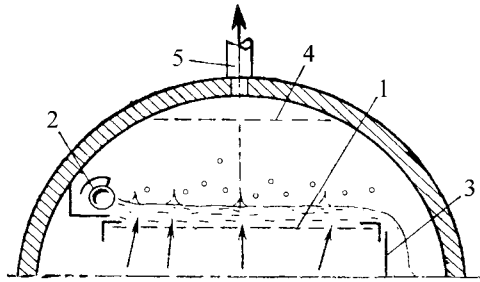


Рис. 17. Схема устройства для промывки пара: 1 – дырчатый щит для промывки пара; 2 – труба питательной воды; 3 – отводящий короб; 4 – верхний дырчатый лист; 5 – пароотводящая труба

Для удаления отдельных капель питательной воды из пара служит верхний дырчатый лист.

При генерации пара не происходит глубокого выпаривания воды, поэтому большинство находящихся в растворенном состоянии примесей постепенно может достичь предельной концентрации. Для поддержания в котловой воде концентрации примесей на заданном уровне часть воды из барабанных котлов непрерывно удаляется.

Так как с непрерывной продувкой происходит потеря тепла и чем выше концентрация солей, тем больше величина продувки, что экономически невыгодно. Поэтому в современных барабанных котлах для снижения доли непрерывной продувки организовано двух- и трехступенчатое испарение.

При двухступенчатом испарении водяной объем барабана разделяется перегородками на чистый и один (или два) солевых отсека (рис. 18). К каждому из отсеков присоединяется своя группа экранов. В солевые отсеки обычно выделяют один или оба торцевых участка барабана и от 5 до 30 % поверхности нагрева экранов.

Рассмотрим действие ступенчатого испарения на конкретном примере. Предположим, что в экранах двух солевых отсеков образуется 15 % пара, производимого котлоагрегатом. Солесодержание питательной воды принимаем равным 40 мг/л. Питательная вода поступает в чистый отсек; пусть котловая вода в нем имеет солесодержание 320 мг/л. Тогда 85 % воды испаряется при сравнительно невысоком солесодержании котловой воды в чистом отсеке, и с паром уносится относительно мало солей.

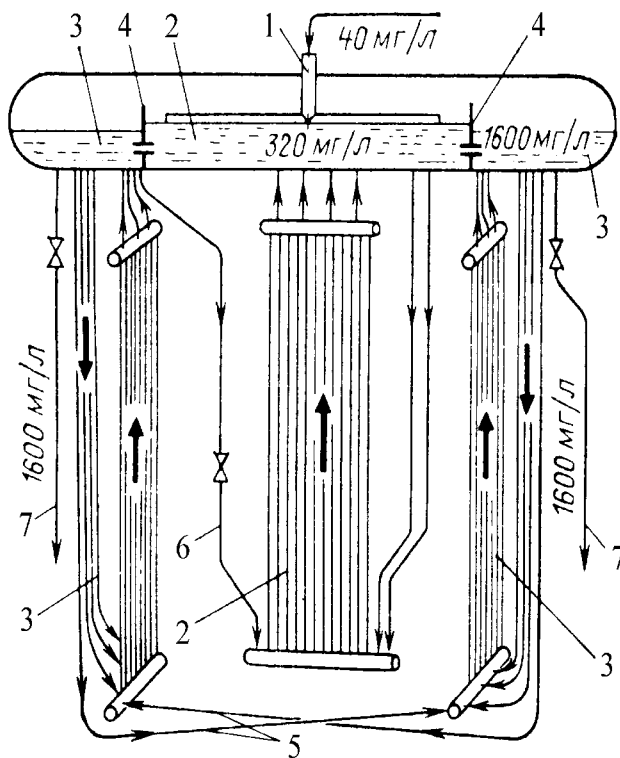


Рис. 18. Схема работы двухступенчатого испарения: 1 — ввод питательной воды; 2 — чистый отсек; 3 — солевой отсек; 4 — разделительная перегородка; 5 — уравнивающая труба между солевыми отсеками; 6 — труба с вентилем для регулирования солевого содержания воды в солевых отсеках; 7 — непрерывная продувка

Часть котловой воды из чистого отсека перетекает в солевые отсеки через отверстия в разделительных перегородках. Эта вода с солевым содержанием 320 мг/л является питательной водой для солевых отсеков, в которых котловая вода имеет значительно более высокое содержание (порядка 1600 мг/л). Пар, образуемый в солевых отсеках, осушается более тщательно. Непрерывная продувка из солевого отсека удаляет с каждым литром воды 1600 мг солей вместо 320 мг при отсутствии ступенчатого испарения.

Таким образом, ступенчатое испарение снижает продувку котлоагрегата примерно в 5 раз. Ступенчатое испарение наиболее эффективно у котлоагрегатов с высоким содержанием питательной воды, что бывает обычно на ТЭЦ.

Выносные сепарационные циклоны (рис. 19) используются как вторая или третья ступень испарения и питаются котловой водой из чистого отсека или из отсеков второй ступени.

В циркуляционном контуре, присоединенном к выносному циклону, вода не проходит через барабан. Пароводяная смесь, поступающая из экранов труб направляется в циклон тангенциально. При вращательном движении в циклоне вода отделяется от пара и отводится в нижний коллектор экрана. Пар поднимается в верхнюю часть циклона и по пароводяющей трубе направляется в барабан. Обычно циклоны паропроизводительностью 25 т/ч имеют диаметр около 350 мм и высоту не менее 4 м. Высокая верхняя часть циклона требуется для надлежащего осушения пара, а глубокая нижняя — чтобы избежать попадания пара в опускную трубу, если уровень в циклоне примет вид глубокой воронки. Крестовина в нижней части циклона препятствует завихрению воды в этой зоне и попаданию паровых пузырей в водоотпускные трубы экрана, что может вызвать нарушение циркуляции.

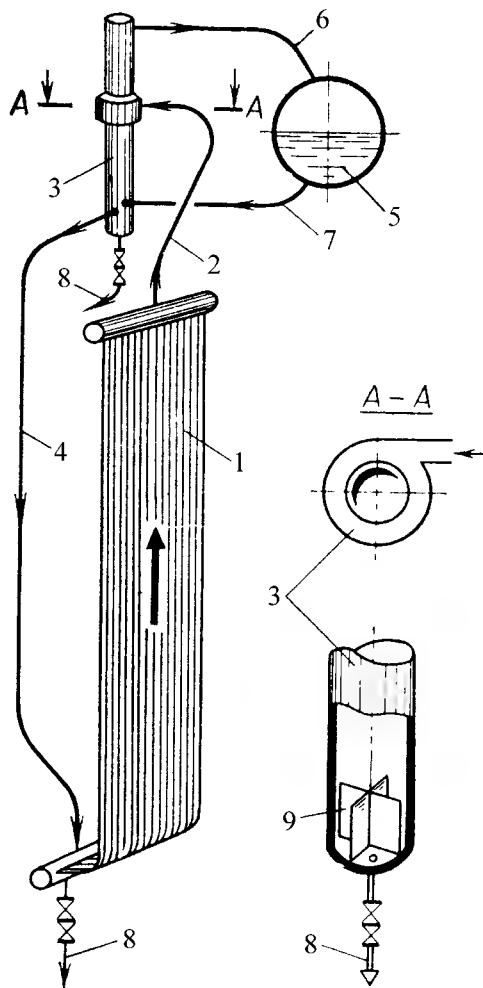


Рис. 19. Схема работы выносного сепарационного циклона: 1 – обогреваемые экранные трубы; 2 – отводящая труба; 3 – выносной сепарационный циклон; 4 – вододпускная труба; 5 – барабан; 6 – пароводящая труба; 7 – труба, подводящая в циклон воду из барабана; 8 – дренаж; 9 – крестовина в нижней части

Ввод пароводяной смеси из экрана в циклон выполняется выше уровня воды, находящейся в барабане. Пар, выходящий из выносных циклонов, не требует дополнительного осушения. Требуется только его промывка для удаления кремниевой кислоты. Во многих котлоагрегатах к одному циркуляционному контуру экрана присоединены два выносных сепарационных циклона.

## 2.4. Экраны (радиационная часть)

### 2.4.1. Экраны котлоагрегатов с естественной циркуляцией

Экраны котлоагрегатов выполняются обычно из гладких труб, соединенных при помощи сварки. Кроме того, что экраны воспринимают теплоту из топки, они защищают обмуровку стен топки от разрушающего влияния высокой температуры и химического воздействия жидкого шлака. Температура обмуровки за трубами экранов в современных котлоагрегатах не превышает 500 °С, что позволяет облегчить обмуровку и увеличить срок ее службы. Трубы экранов современных котлоагрегатов высокого давления с естественной циркуляцией имеют наружный диаметр 60 мм, котлоагрегатов среднего давления – 83 мм, просвет между трубами – соответственно 4 и 19 мм.

Концы экранных труб привариваются к штуцерам горизонтальных коллекторов круглого сечения, изготовляемых из толстостенных труб (рис. 20), или непосредственно к коллектору.

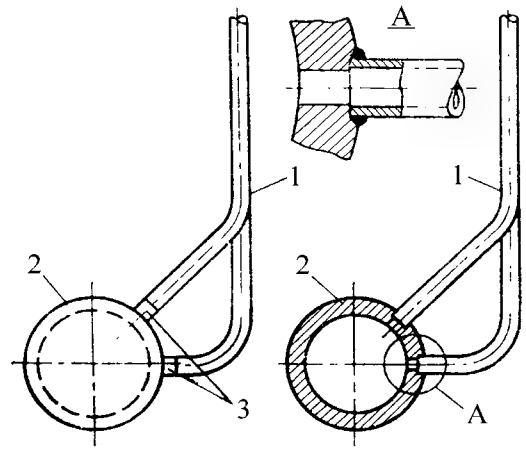


Рис. 20. Соединение труб с коллекторами: 1 – трубы; 2 – коллектор; 3 – штуцера

Закрытые экраны (зажигательный пояс) выполняются путем нанесения огнеупорной шамотной или хромитовой массы на трубы, к которым приварены шипы (рис. 21). Эти экраны применяют в топках с жидким шлакоудалением при сжигании трудновоспламеняемых углей, а также для повышения температуры в топке при сжигании влажных углей и торфа.

Почти у всех котлоагрегатов большой паропроизводительности экраны подвешены к верхним коллекторам или барабану. При растопке экранные трубы от нагревания удлиняются, а при остановке – укорачиваются. При длине экранных труб 25 м тепловое расширение достигает 90 мм и более. Удлиняются также коллекторы экранов вдоль своих осей. Поэтому нижние коллекторы экранов должны иметь возможность свободного перемещения вниз.

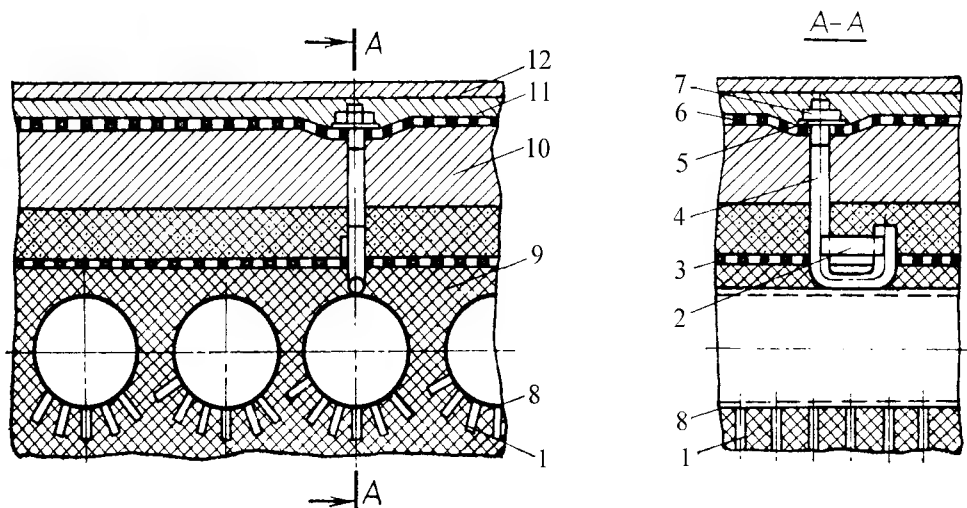


Рис. 21. Конструкция закрытого экрана: 1 – шип; 2 – планка; 3 – проволочная сетка; 4 – стержень; 5 – шайба; 6 – проволочная сетка; 7 – гайка; 8 – труба экрана; 9 – шамотобетон; 10 – изоляционные плиты; 11 – уплотняющая штукатурка; 12 – газонепроницаемая обмазка

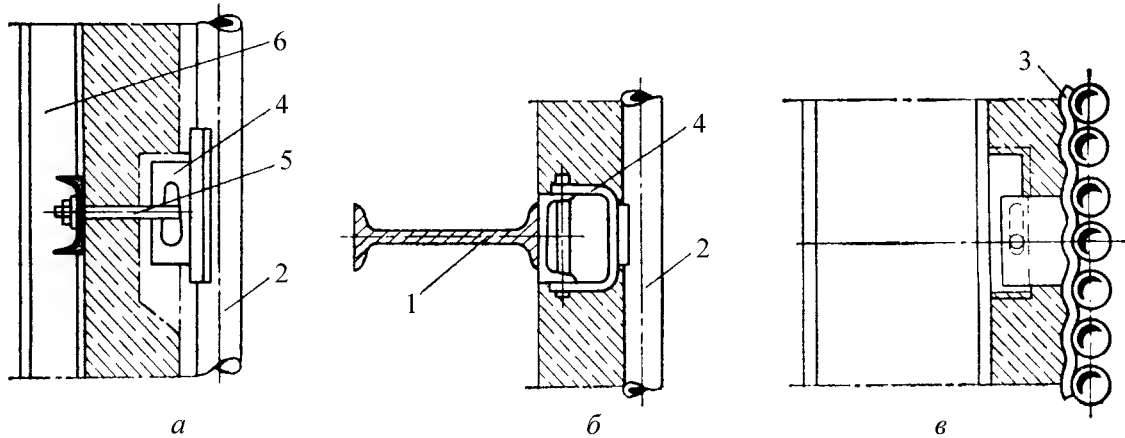


Рис. 22. Способы крепления экранных труб: *а* – крепление к балке каркаса; *б* и *в* – крепление к горизонтальной балке, перемещающейся вместе с трубами; 1 – балка; 2 – экранные трубы; 3 – планки, приваренные к трубам; 4 – скоба; 5 – тяга; 6 – балка каркаса

Каждую трубу или группу труб, соединенных планками, во избежание прогиба в сторону топки присоединяют в двух-трех местах по высоте к неподвижным конструкциям каркаса (рис. 22, *а*) либо к горизонтальным балкам 1 (рис. 22, *б* и 22, *в*), опоясывающим топочную камеру и перемещающимся вместе с трубами. Овальные прорезы в полках швеллера дают коллекторам свободно удлиняться (на рисунке показаны пунктиром).

#### 2.4.2. Экраны (радиационная часть) прямоточных котлоагрегатов

В экранах прямоточных котлоагрегатов движение рабочей среды происходит под воздействием напора питательного насоса. Поэтому здесь не имеет такого значения, как в котлоагрегатах с естественной циркуляцией, величина сопротивления движению рабочей среды в трубах и допускаются более высокие ее скорости. Для изготовления экранов прямоточных котлов обычно используют трубы с наружным диаметром 32, 38 и 42 мм. Применяют как панели с прямыми вертикальными трубами, так многопетлевые панели. Широкое распространение получили в современных прямоточных котлоагрегатах одноходовые и многоходовые трубные панели.

Многоходовые панели (рис. 23, *а*) имеют меньшее количество промежуточных коллекторов, меньшую массу и гидравлическое сопротивление, однако нарушения устойчивости движения рабочей среды в них возможны при меньших отклонениях от нормального режима работы котлоагрегата.

Из этих соображений в последних конструкциях котлоагрегатов сверхкритического давления нижняя радиационная часть (НРЧ), расположенная в зоне ядра факела, где следует особенно опасаться неравномерного обогрева отдельных труб, выполнена из одноходовых панелей (рис. 23, *б*). Верхние ярусы экранов (СРЧ, ВРЧ) имеют многоходовые панели (рис. 23).

Устойчивое движение рабочей среды в трубах радиационной части обеспечивается лишь при достаточно высокой ее скорости. Однако необходимая скорость рабочей среды должна быть обеспечена и при малых нагрузках котлоагрегата; тогда при полной его нагрузке скорость рабочей среды оказывается еще выше. По этой максимальной скорости

определяют гидравлическое сопротивление котлоагрегата, которое превышает 5 МПа (50 кгс/см<sup>2</sup>), и рассчитывают напор питательных насосов.

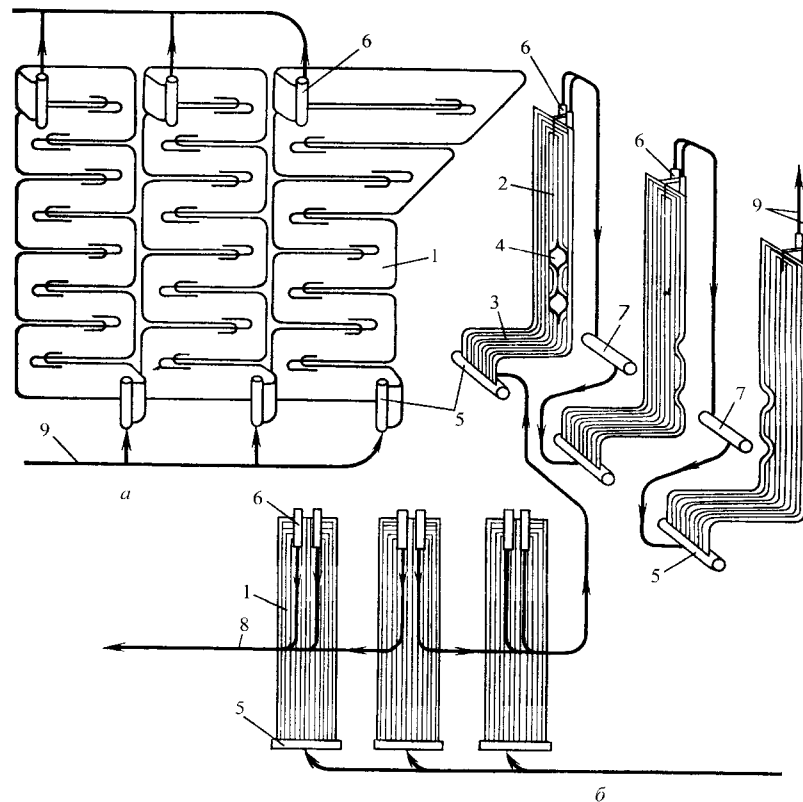


Рис. 23. Схема движения рабочей среды в трубных панелях радиационной части котлоагрегата сверхкритического давления типа ТГМП-314 паропроизводительностью 1000 т/ч: а – схема соединений одноходовых панелей НРЧ (вид со стороны обмуровки); б – то же многоходовых панелей СРЧ; 1 и 2 – панели правой боковой и задней стен топки; 3 – подовый экран; 4 – отверстие для горелки; 5 и 6 – входной и выходной коллекторы; 7 – промежуточный коллектор; 8 – трубопровод подачи рабочей среды к фронтальным панелям НРЧ; 9 – трубопровод подачи рабочей среды из НРЧ и СРЧ

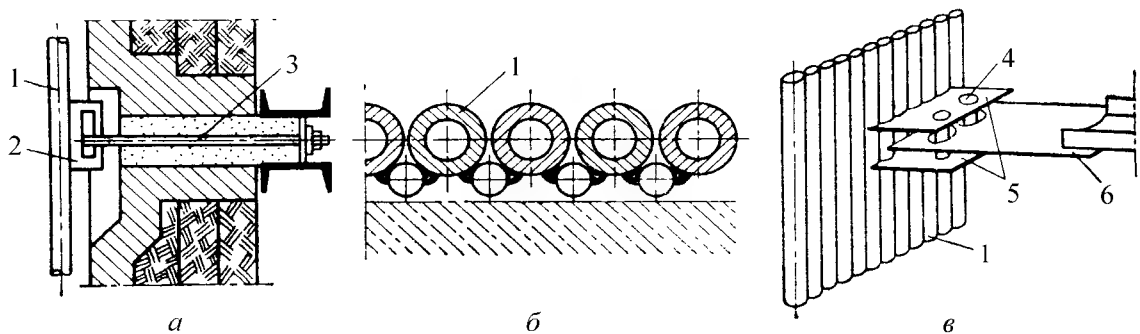


Рис. 24. Конструкции крепления вертикальной трубной панели радиационной части котлоагрегата: а – растряска с натяжным крюком; б – соединение соседних труб в группы с приварными сухарями; в – соединение горизонтальными планками; 1 – трубы поверхности нагрева; 2 – скоба; 3 – натяжной крюк; 4 – стержень, приваренный к планке; 5 – планка, приваренная к трубам; 6 – планка, укрепленная к каркасу, с удлиненными отверстиями для стержней 4

Надежной работы котлоагрегата при номинальной его паропроизводительности можно достигнуть при гораздо меньшей скорости рабочей среды. Для этого необходимо повышать скорость рабочей среды в наиболее теплонапряженных экранах в период растопки котлоагрегата и работы его с низкой нагрузкой путем организации принудительной многократной циркуляции воды дополнительными насосами. Такое усложнение схемы считают целесообразным и применяют в котлоагрегатах энергетических блоков большой мощности (300 МВт и выше). Во избежание возникновения дополнительных напряжений в трубах все экранные поверхности должны иметь возможность свободного перемещения при нагревании и охлаждении котлоагрегата.

В многопетлевых вертикальных трубных панелях укрепляется только верхняя часть, а нижняя свободно расширяется вниз.

В вертикальных одноходовых панелях равномерное тепловое расширение труб не может быть обеспечено укреплением только верхнего коллектора и свободным перемещением нижнего, так как неодинаковый нагрев отдельных труб вызывал бы различное тепловое удлинение и дополнительные напряжения в трубах. Поэтому в одноходовых панелях закрепляют как верхний, так и нижний коллекторы, а тепловое расширение труб компенсируется изгибами труб в районе нижнего коллектора панели 2 (рис. 23, б).

Крепление труб панелей к каркасу должно обеспечивать возможность их теплового расширения и не допускать их прогиба в сторону топki. В первых конструкциях котлоагрегатов крепления устанавливались на каждой трубе (рис. 24, а). В последних котлоагрегатах эта конструкция упрощена – трубы соединены приварными сухарями длиной около 50 мм в группы (около 10 труб); каждая группа труб имеет свое крепление (рис. 24, б и 24, в).

#### 2.4.3. Радиационная часть котлоагрегатов, работающих под наддувом

Радиационная часть котлоагрегатов, работающих под наддувом, выполнена в виде цельносварных трубных панелей, образующих стены топki и потолок котлоагрегата. Стены конвективной шахты также выполняются из цельносварных трубных панелей. Таким образом, все стены котлоагрегата образуют плотный газонепроницаемый корпус. В цельносварных панелях отдельные трубы соединяют между собой приваркой вдоль труб промежуточных планок (рис. 25, а) или применяют ребристые трубы сваривая ребра по всей длине между собой (рис. 25, б).

Расстояние между осями труб (шаг) принимают не более 1,5 их наружного диаметра во избежание недопустимой разницы температур у краев пластин (ребер) и труб.

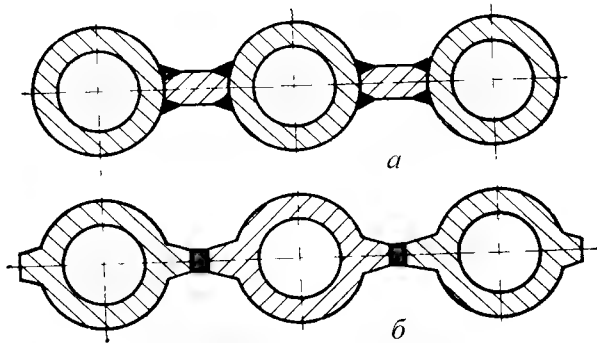


Рис. 25. Конструкции сопряжения труб цельносварной панели: а – промежуточные планки между трубами; б – панель из ребристых труб

Котлоагрегаты, работающие под наддувом, имеют более высокий КПД за счет отсутствия присосов воздуха и потребляют меньше электроэнергии на собственные нужды (из-за отсутствия дымососов). Вместо тяжелой обмуровки применяется легкая натрубная изоляция, что способствует уменьшению ее массы и облегчению ремонтных работ.

При работе котлоагрегата с цельносварными панелями нельзя допускать большой разницы в нагреве отдельных труб во избежание образования трещин в сварных швах. Поэтому для этих котлоагрегатов не допускаются ускоренные растопки и расхолаживание их после остановки.

Во избежание утечки дымовых газов в местах прохода многочисленных труб экранов и пароперегревателя через стены корпуса и потолочные панели котлоагрегата с наружной их стороны устанавливают так называемые «теплые ящики», в которых автоматически поддерживается давление воздуха или дымовых газов, немного превышающее давление в газоходах котлоагрегата.

«Теплый ящик» представляет собой герметически плотную камеру, ограниченную с одной стороны стенами газоплотных экранов или потолочных панелей, а с других сторон – металлическими стенами. В «теплых ящиках» располагаются многочисленные выносные коллекторы экранов и пароперегревателей, а также перепускные трубы между ними.

К лючкам и другим отверстиям в цельносварных панелях также подводится воздух с давлением, несколько превышающим давление внутри газохода.

В прямоточных котлоагрегатах на сверхкритическое давление, в которых отсутствуют испарительные поверхности нагрева, трудно избежать разности температур рабочей среды в отдельных трубах. Для уменьшения этой разницы температур в котлоагрегатах большой паропроизводительности применяют принудительную циркуляцию (рециркуляцию) рабочей среды при помощи дополнительных циркуляционных насосов (например у котлоагрегата ТГМП-324).

В последнее время в связи с определенными трудностями в эксплуатации котлоагрегатов под наддувом появляются новые конструкции котлоагрегатов большой мощности с газоплотными ограждающими поверхностями, предназначенные для работы с уравновешенной тягой (под разрежением). К ним относятся котлоагрегаты паропроизводительностью 2650 т/ч типа ТПП-804 (ТКЗ) и П-67 (ЗиО), предназначенные для работы в блоке с одновальными турбоагрегатами мощностью 800 МВт.

## 2.5. Пароперегреватели

Первичный пароперегреватель современного котлоагрегата имеет радиационную, полурadiационную (ширмы) и конвективную части (рис. 26).

Радиационная часть пароперегревателя, расположенная на стенах и потолке топочной камеры, воспринимает лучистую теплоту и по конструкции мало чем отличается от экранов – состоит из труб, приваренных к коллекторам круглого сечения. В каждой панели радиационной части пароперегревателя пар движется по трубам сначала сверху вниз, а затем через нижний коллектор поступает в другие трубы, по которым направляется вверх. В нескольких местах по высоте труб устанавливают направляющие опоры, прикрепляемые к балкам каркаса; эти крепления не препятствуют вертикальному перемещению труб при изменении их температуры. Крепление горизонтальных потолочных труб также не должно препятствовать их тепловому удлинению. Эти трубы подвешиваются на тягах к потолочному перекрытию каркаса.

Полурadiационная часть пароперегревателя (ширмы), расположенная в верхней части топки и в горизонтальном газоходе, воспринимает как лучистую теплоту за счет радиации, так и теплоту, передаваемую конвекцией.



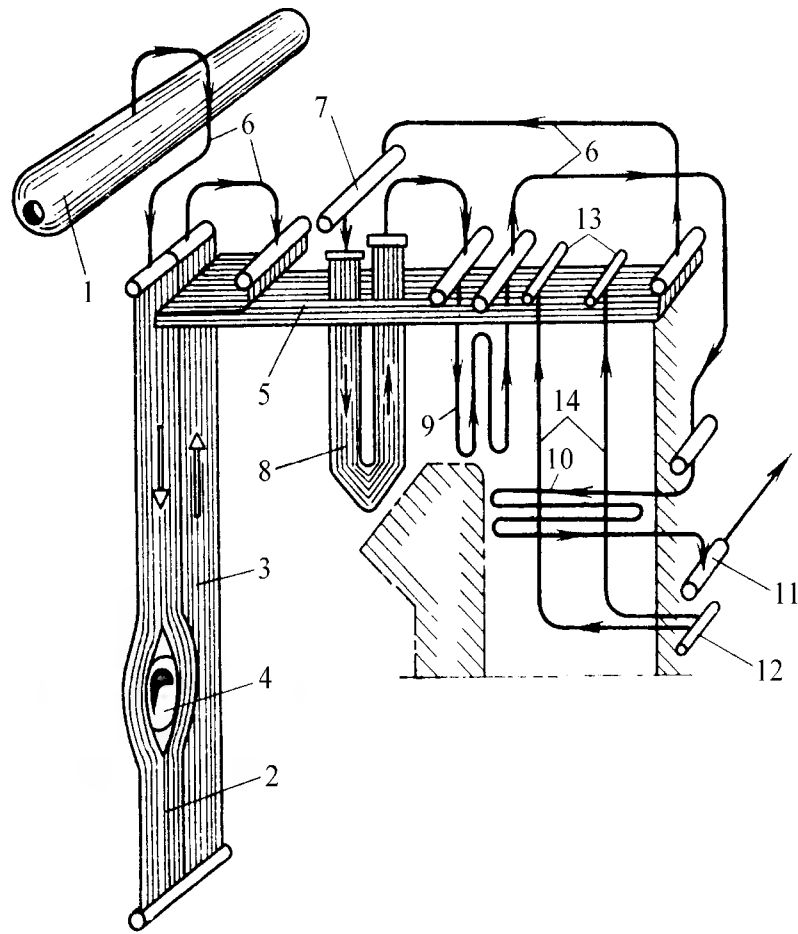


Рис. 26. Схема движения пара в современном котлоагрегате с естественной циркуляцией (для ясности показано по одной панели и по одному змеевику каждого элемента пароперегревателя): 1 – барабан; 2 – опускные трубы панели радиационной части пароперегревателя; 3 – подъемные радиационные трубы панелей; 4 – проем для горелки; 5 – потолочные трубы панели; 6 – необогреваемые перепускные трубы; 7 – парохладитель; 8 – ширмы; 9, 10 – змеевики вертикального и горизонтального пакетов конвективной части пароперегревателя; 11 – коллектор перегретого пара; 12 и 13 – входной и выходной коллекторы подвесных труб; 14 – подвесные трубы

На пылеугольных котлоагрегатах устанавливают вертикальные ширмы (рис. 27, а) менее подверженные шлакованию, а на газомазутных – горизонтальные (рис. 27, б). Крепление труб вертикальных ширм не должно допускать искривления отдельных труб и выхода их из плоскости ширмы. Это обеспечивается различными скобами и планками, а также установкой обвязочных труб (рис. 27, а), удерживающих остальные трубы. В горизонтальных ширмах крепежные устройства должны препятствовать прогибу труб под действием собственной массы и выходу отдельных труб из плоскости ширмы. Крепежные трубы включаются в циркуляционный контур (рис. 27, б) или в качестве крепежных используются нижние трубы самих ширм. Крепление потолочных труб представлено на рис. 27, в.

Конвективная часть пароперегревателя расположена в горизонтальном газоходе и в конвективной шахте. В котлоагрегатах среднего давления, в которых на перегрев пара расходуется только 20 % всей теплоты, весь пароперегреватель размещается в горизонтальном газоходе.

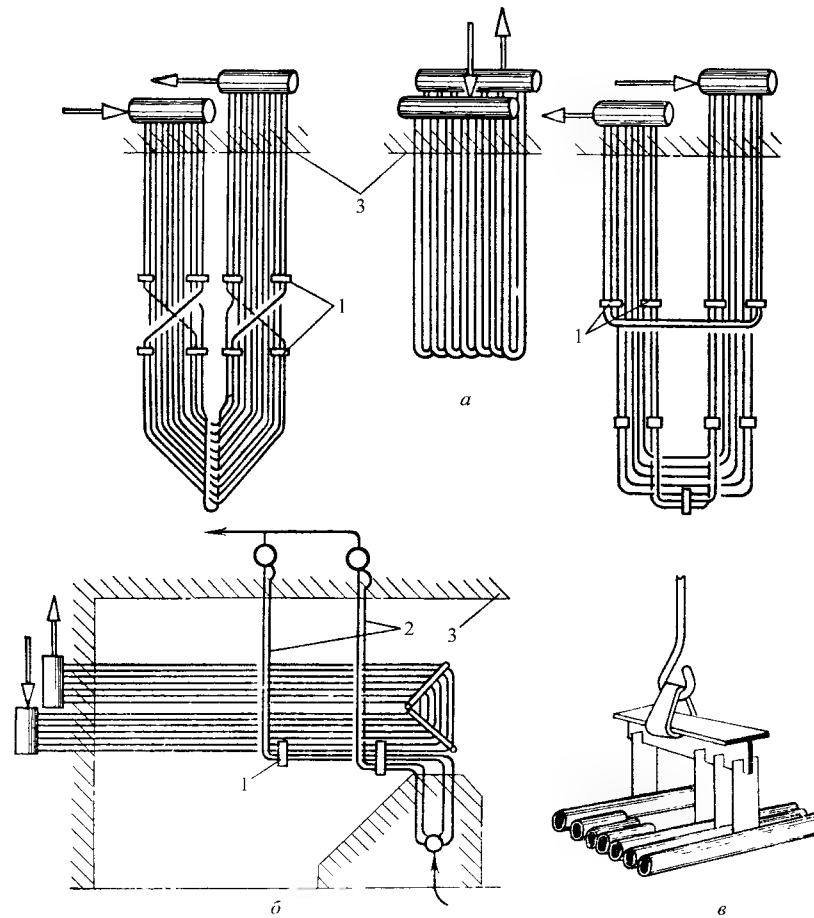


Рис. 27. Различные конструкции крепления ширм и потолочных труб пароперегревателя: *а* – вертикальная ширма; *б* – горизонтальная ширма с крепежными трубами, включенными в циркуляцию котла; *в* – крепление потолочных труб; 1 – крепежные планки; 2 – крепежные трубы, охлаждаемые водой; 3 – потолочное перекрытие газохода

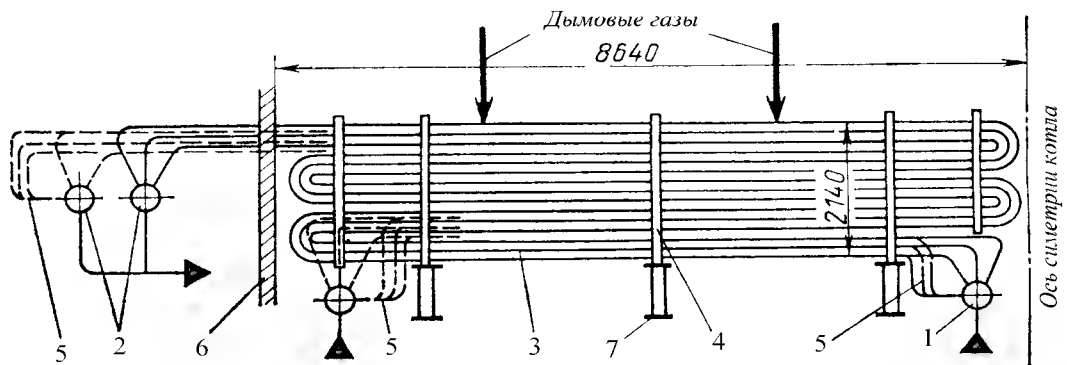


Рис. 28. Крепление конвективного трубного пакета с горизонтальными змеевиками: *а* – с опиранием на вертикальные стойки и охлаждаемые опорные балки; *б* – с опиранием на планки, приваренные к вертикальным подвесным трубам; 1 – входной коллектор; 2 – выходной коллектор; 3 – трубный пакет; 4 – дистанционирующая стойка; 5 – включение в коллектор крайних змеевиков трубного пакета; 6 – боковая стена газохода; 7 – опорная балка, охлаждаемая воздухом; 8 – коллектора; 9 – планки; 10 – подвесная труба

В котлоагрегатах высокого и сверхкритического давления часть пароперегревателя расположена в конвективной шахте. Эта часть пароперегревателя представляет собой трубные пакеты из горизонтальных или вертикальных змеевиков, расположенных друг от друга на расстоянии около 100 мм, между которыми проходят дымовые газы.

Горизонтальные змеевики опираются на вертикальные стойки, передающие нагрузку на охлаждаемые воздухом балки (рис. 28) или на планки, приваренные к вертикальным подвесным трубам, охлаждаемые водой (см. рис. 27, б). Опорные стойки и планки выполняют из жароупорной стали.

Вертикальные змеевики висят на коллекторах круглого сечения, к которым они приварены, или на подвесках, прикрепляемых к верхним гибам змеевиков. Скобы и планки, соединяющие трубы друг с другом, не дают змеевикам искривляться и выходить из плоскости (см. рис. 27, а).

Промежуточный пароперегреватель, служащий для перегрева пара, возвращаемого из турбины, имеет относительно небольшую поверхность нагрева. Трубы промежуточного пароперегревателя охлаждаются паром при давлении 3 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>) менее интенсивно по сравнению с первичным пароперегревателем, омываемым паром большей плотности. Во избежание недопустимого перегрева труб пакеты промежуточного пароперегревателя устанавливают в конвективной шахте, т. е. в зоне более низких температур дымовых газов.

В схеме движения пара в пароперегревателе котлоагрегата с естественной циркуляцией, показанной на рис. 26, видно, что насыщенный пар из барабана направляется последовательно в радиационную часть пароперегревателя, в трубные панели на потолке, в ширмы и, наконец, в конвективную часть пароперегревателя, состоящую из вертикальных и горизонтальных пакетов.

Промежуточный пароперегреватель располагается обычно по ходу газов за конвективными пакетами первичного пароперегревателя.

В связи с тем что ширина современных мощных котлоагрегатов достигает 25 м и более, трудно обеспечить равномерный обогрев труб пароперегревателя, расположенных в разных местах газохода. Во избежание недопустимого перегрева отдельных труб широко применяют промежуточное перемешивание пара между отдельными трубными панелями и пакетами при помощи необогреваемых перепускных труб.

### 2.5.1. Регулирование температуры первичного пара

По ГОСТ 3619–79 установлены небольшие отклонения температуры перегретого пара от номинального значения ( $\pm 10$  °С). Опыт эксплуатации современных энергетических котлов показывает, что даже комбинированные радиационно-конвективные пароперегреватели в эксплуатационных условиях не обеспечивают постоянной температуры перегрева пара в пределах допустимых отклонений, в связи с чем каждый паровой котельный агрегат оборудуется устройствами для регулирования температуры перегретого пара.

Первичные пароперегреватели современных котлоагрегатов рассчитывают так, чтобы температура пара при полной нагрузке была на 15–20 °С выше номинальной. Для снижения температуры применяют впрыскивающие пароохладители, устанавливаемые в промежуточных коллекторах пароперегревателя. Все впрыскивающие пароохладители (рис. 29) имеют рубашку, внутри которой разбрызгивается впрыскиваемая питательная вода или конденсат пара. Рубашка предохраняет от попадания капель воды на сильно нагретый корпус и от образования трещин. Впрыск воды в пар осуществляется через большое количество отверстий малого диаметра в узком сечении сопла. В результате разности температур трубы, подводящей воду, и защитного патрубка предусмотрена возможность свободного перемещения конца трубы (рис. 29, б) или установка компенсатора (рис. 29, в).

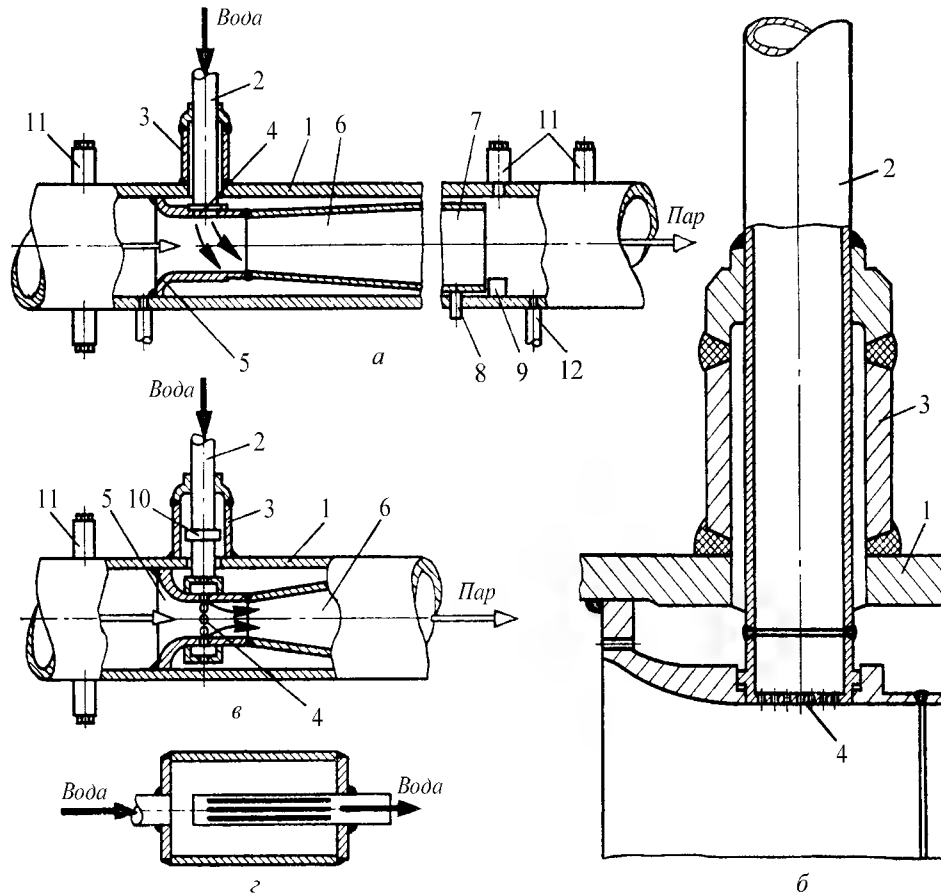


Рис. 29. Впрыскивающие пароохладители: *а* – общий вид пароохладителя; *б* – впрыскивающее устройство при одностороннем вводе воды в пар; *в* – пароохладитель с кольцевым вводом воды; *г* – ловушка грата; 1 – корпус; 2 – водоподводящая труба; 3 – защитный патрубок водоподводящей трубы; 4 – отверстие для распыления воды; 5 – сопло; 6 – диффузор; 7 – цилиндрическая часть защитной рубашки; 8 – шпилька, фиксирующая защитную рубашку; 9 – упор; 10 – компенсатор на водяной линии; 11 – лючок для КИП; 12 – дренаж коллектора

Во избежание забивания отверстий для впрыска сварочным гратом устанавливают ловушку (рис. 29, *г*).

В котлоагрегатах сверхкритического давления впрыскивающие пароохладители устанавливают в нескольких коллекторах пароперегревателя для возможности регулирования не только конечной температуры первичного пара, но и его температуры в разных частях пароперегревателя.

### 2.5.2. Регулирование температуры промежуточного пара

В современных отечественных прямоточных котлоагрегатах получили распространение теплообменники, в которых дополнительный нагрев пара промежуточного перегрева осуществляется первичным паром. Теплообменники выполняют выносными и устанавливают их на потолочном перекрытии или рядом с котлоагрегатом (ЗиО), а также встроенными газопаровыми, устанавливаемыми внутри газохода (ТКЗ). В выносных теплообменниках пар промежуточного перегрева движется по *U*-образным трубам большого диаметра. Внутри этих труб установлены трубы малого диаметра для первичного пара.

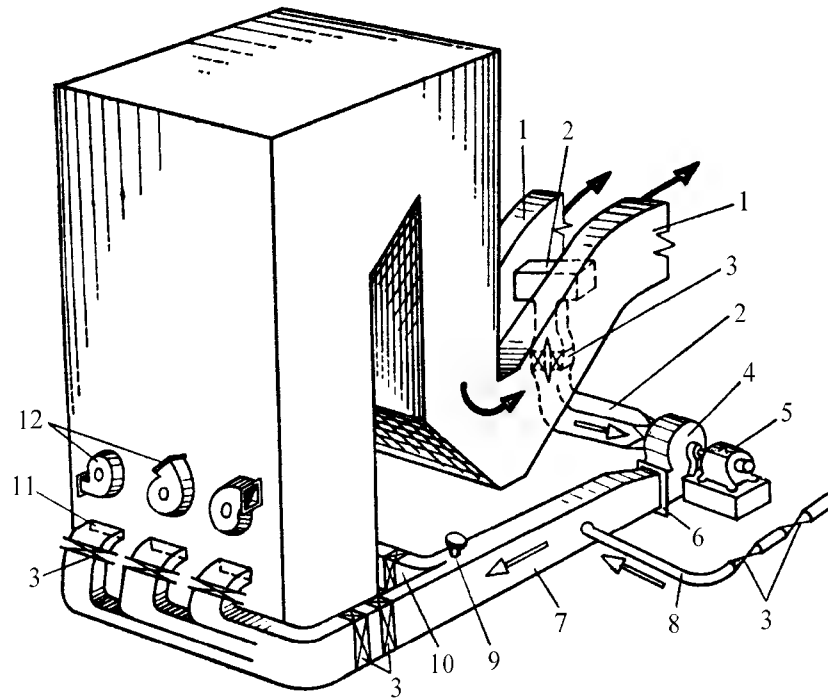


Рис. 30. Схема рециркуляции дымовых газов для регулирования температуры перегрева промежуточного пара газомазутного котлоагрегата сверхкритического давления: 1 – газоход к воздухоподогревателю; 2 – всасывающий короб; 3 – шибер; 4 – вентилятор для рециркуляции дымовых газов; 5 – электродвигатель; 6 – фланцы для заглушки; 7 – напорный короб; 8 – линия горячего воздуха; 9 – взрывной предохранительный клапан; 10 – короб для подачи газов к задней стене топки; 11 – сопло для ввода газа в топку; 12 – горелки

Встроенные газопаровые теплообменники выполняют в виде горизонтальных трубных пакетов, размещенных в газоходе котлоагрегата, в которых внутри каждой трубы промежуточного перегрева находится труба первичного пара. В этих теплообменниках температура промежуточного пара повышается как от теплоты, передаваемой первичным паром, так и дымовыми газами.

Рециркуляция дымовых газов является одним из эффективных способов регулирования температуры промежуточного пара преимущественно в газомазутных котлоагрегатах (рис. 30), не подверженных эрозионному износу при повышенной скорости дымовых газов. Как видно из рисунка, охлажденные дымовые газы подают в нижнюю часть топки. Применяют и рециркуляцию дымовых газов в верхнюю часть топки для понижения температуры газов перед ширмами.

## 2.6. Водяные экономайзеры

В современных котлоагрегатах применяют водяные экономайзеры кипящего типа, в которых вода не только доводится до температуры кипения, но и частично превращается в насыщенный пар. Экономайзеры выполняют в виде трубных пакетов, устанавливаемых в конвективной шахте котлоагрегата по ходу дымовых газов за конвективным пароперегревателем. Пакеты состоят из змеевиков, изготовляемых из труб наружным диаметром от 25 до 42 мм, привариваемых к штуцерам или непосредственно к коллектору.

В экономайзере кипящего типа котлоагрегатов высокого давления не должно быть участков с движением воды вниз во избежание образования паровых пробок (рис. 31, *а*). В котлоагрегатах сверхкритического давления в водяном потоке не могут появиться паровые пробки, так как вода превращается в пар по всему сечению.

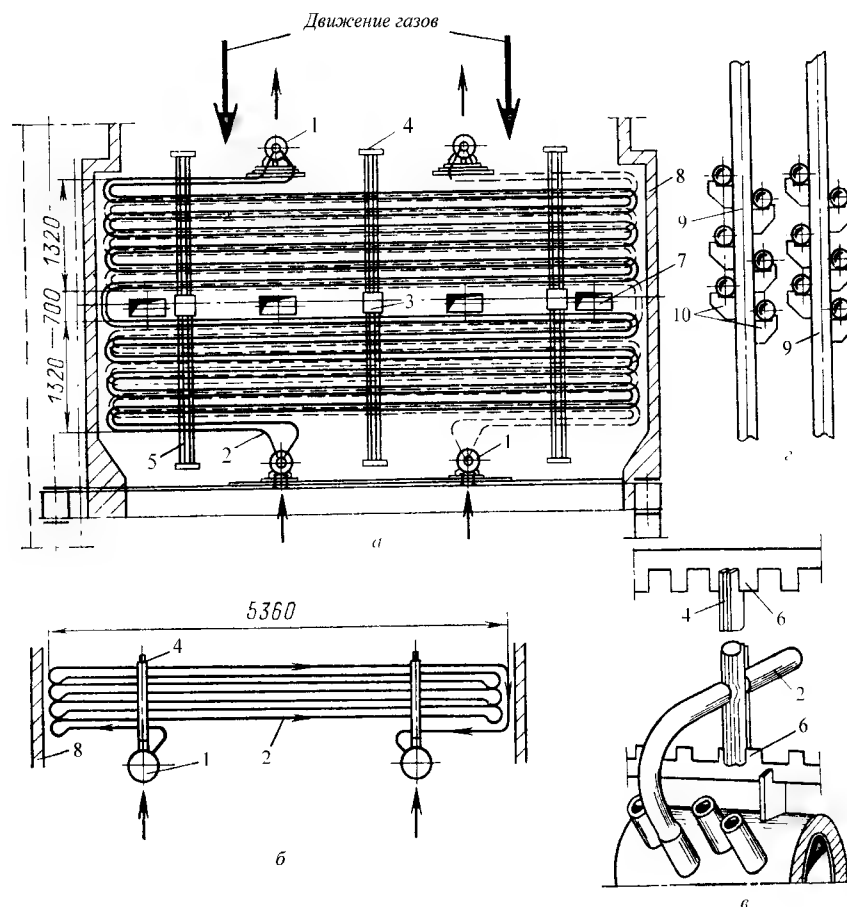


Рис. 31. Водяные экономайзеры современных котлоагрегатов: *а* — котлоагрегат с рабочим давлением 13,7 МПа (140 кгс/см<sup>2</sup>); *б* и *в* — котлоагрегаты на сверхкритическое давление; *г* — узел крепления змеевиков к опорным трубам; 1 — коллектор; 2 — змеевик; 3 — опорная балка; 5 — подвеска; 6 — гребенка из жаропрочной стали, приваренная к стойкам 4 и скрепляющая их; 7 — люк; 8 — обмуровка; 9 — подвесные трубы; 10 — опорные кронштейны

В таких котлоагрегатах допустимо движение воды в трубах сверху вниз, и змеевики водяного экономайзера можно размещать более тесно (рис. 31, *б*).

Змеевики устанавливаются в шахматном порядке; по высоте экономайзер делится на отдельные пакеты (с высотой не более 1,5–2 м), устанавливаемые с промежутками для удобства их очистки от золы и производства ремонтных работ.

В экономайзерах современных котлоагрегатов высокого давления коллекторы расположены внутри газохода, что предотвращает присос воздуха в местах прохода труб змеевиков через обмуровку. Крепление змеевиков осуществляется при помощи вертикальных опорных стоек или подвесок, нагрузка через которые передается охлаждаемым воздухом горизонтальным опорным балкам 3 (рис. 31, *а*) или сборным коллекторам, находящимся в газоходе (рис. 31, *б* и 31, *в*). Иногда трубы змеевиков верхних пакетов, находящихся в зоне наиболее высокой температуры, опираются на кронштейны 10, приваренные к вертикальным опорным трубам 9, охлаждаемые водой (рис. 31, *г*). Водяной экономайзер часто устанавливают между отдельными частями (ступенями) воздухоподогрева-

теля – в рассечку. При установке пакетов водяного экономайзера в зоне более высоких температур дымовых газов коллекторы размещают обычно снаружи газохода. Ввиду удлинения коллекторов при нагревании концы присоединенных к ним змеевиков немного перемещаются вместе с ними, поэтому нельзя жестко уплотнять места прохода труб через обмуровку. Для уменьшения присосов наружного воздуха коллекторы помещают в плотный стальной кожух («теплый ящик»).

## 2.7. Воздухоподогреватели

По принципу действия воздухоподогреватели делятся на трубчатые и регенеративные (вращающиеся).

Преимуществами регенеративных воздухоподогревателей являются меньшие габариты и затраты металла, а также меньшее сопротивление по газам и воздуху. Однако стоимость их изготовления и монтажа значительно выше и они обладают пониженной герметичностью, что вызывает частичный присос воздуха в газовый тракт, увеличивая расход электроэнергии на дымососы и дутьевые вентиляторы.

### 2.7.1. Трубчатый воздухоподогреватель

Трубчатый воздухоподогреватель (рис. 32) состоит из отдельных элементов (кубов), в которых вертикальные прямые стальные трубы 51х1,5 или 40х1,5 мм, расположенные в шахматном порядке, приварены своими концами к горизонтальным трубным доскам. Внутри труб движутся дымовые газы, а между трубами в горизонтальном направлении проходит воздух. Обычно по ширине котлоагрегата устанавливают несколько колонок воздухоподогревателя, а по вертикали – по несколько кубов. Из одного куба в другой воздух переходит по перепускным коробам. Для компенсации теплового расширения воздухоподогревателя устанавливают наружный линзовый компенсатор, привариваемый внизу к верхнему кубу, а сверху – к обшивочной раме. В воздухоподогревателях высотой более 3 м устанавливают дополнительно боковые компенсаторы между верхними трубными досками и наружными стенами конвективной шахты.

### 2.7.2. Регенеративный воздухоподогреватель

На современных котлоагрегатах устанавливается два или большее число аппаратов регенеративного воздухоподогревателя диаметром 6,8 или 9,8 м, включаемых параллельно. Каждый аппарат регенеративного воздухоподогревателя (рис. 33) состоит из корпуса, цилиндрического ротора, медленно вращающегося вокруг вертикальной оси воздушных и газовых патрубков, подводящих и отводящих воздух и дымовые газы.

Находящиеся в роторе вертикальные стальные пластины при вращении ротора попеременно нагреваются проходящим между ними потоком дымовых газов, а затем в воздушном потоке охлаждаются и отдают воздуху полученную ими ранее теплоту. Ротор состоит из большого числа клиновидных секций (рис. 33, б), содержащих вертикальные пластины, скрепленные рамкой.

Форма пластин (рис. 33, б) обеспечивает образование между ними щелей для прохода попеременно дымовых газов и воздуха.

Электродвигатель приводит во вращение ротор через редуктор и цевочное колесо, которое представляет собой расположенные по окружности ротора вертикальные валики (цевки). Такое цевочное зацепление, не являясь жестким, может надежно работать при наличии некоторых неточностей в изготовлении ротора.

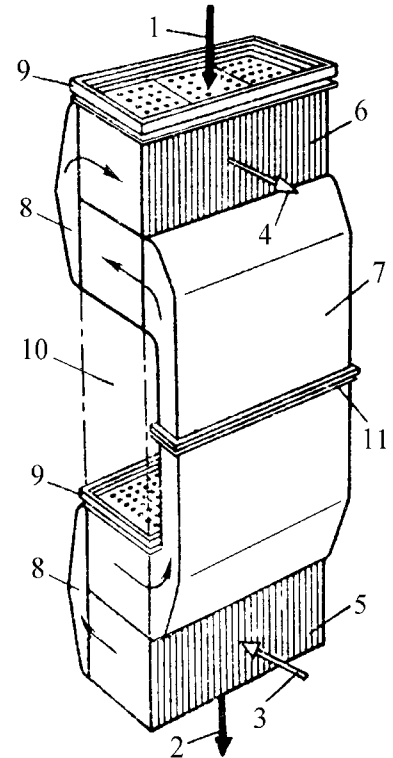


Рис. 32. Схема трубчатого двухъярусного воздухоподогревателя: 1 — вход газов; 2 — выход газов; 3 — вход воздуха; 4 — выход воздуха; 5 — нижние кубы воздухоподогревателя; 6 — верхние кубы; 7 и 8 — перепускные короба; 9 — наружный компенсатор; 10 — место установки водяного экономайзера; 11 — компенсатор на перепускном коробе

Во избежание перетекания воздуха в дымовые газы аппарат имеет кольцевое периферийное уплотнение, кольцевое внутреннее уплотнение вокруг вертикального вала и радиальные уплотнения между газовым и воздушным коробами. Все эти уплотнения установлены как в верхней, так и в нижней частях ротора.

## 2.8. Каркасы

Каркасом котлоагрегата называют металлическую конструкцию, воспринимающую нагрузку от барабана, поверхностей нагрева, обмуровки, площадок и лестниц и других элементов котельного агрегата и передающую ее на фундамент или на строительные конструкции здания. Каркас современного котлоагрегата большой паропроизводительности (рис. 34) имеет сложную конструкцию и состоит из вертикальных колонн, соединяющих их горизонтальных ферм, балок и диагональных связей. Верх колонн соединяют опорная (хребтовая) балка и потолочное перекрытие. Почти все элементы каркаса: колонны, фермы, балки и связи — соединяют сваркой, что обеспечивает устойчивость и прочность каркаса. Только балки, могущие при тепловом расширении или изгибе создавать значительные дополнительные напряжения в колоннах, свободно опираются на каркас и прикрепляются болтами через овальные отверстия. При опирании каркаса на фундамент нижняя часть колонн имеет опорные башмаки, передающие нагрузку от котлоагрегата на фундамент.

Башмаки жестко прикрепляют к фундаменту и заливают бетоном. Колонны и балки каркаса не обогреваются дымовыми газами. Этим облегчаются условия работы металла и предупреждаются значительные тепловые напряжения. Разность температур несущих элементов каркаса при закрытых компоновках котлоагрегатов все же достигает 60 °С.



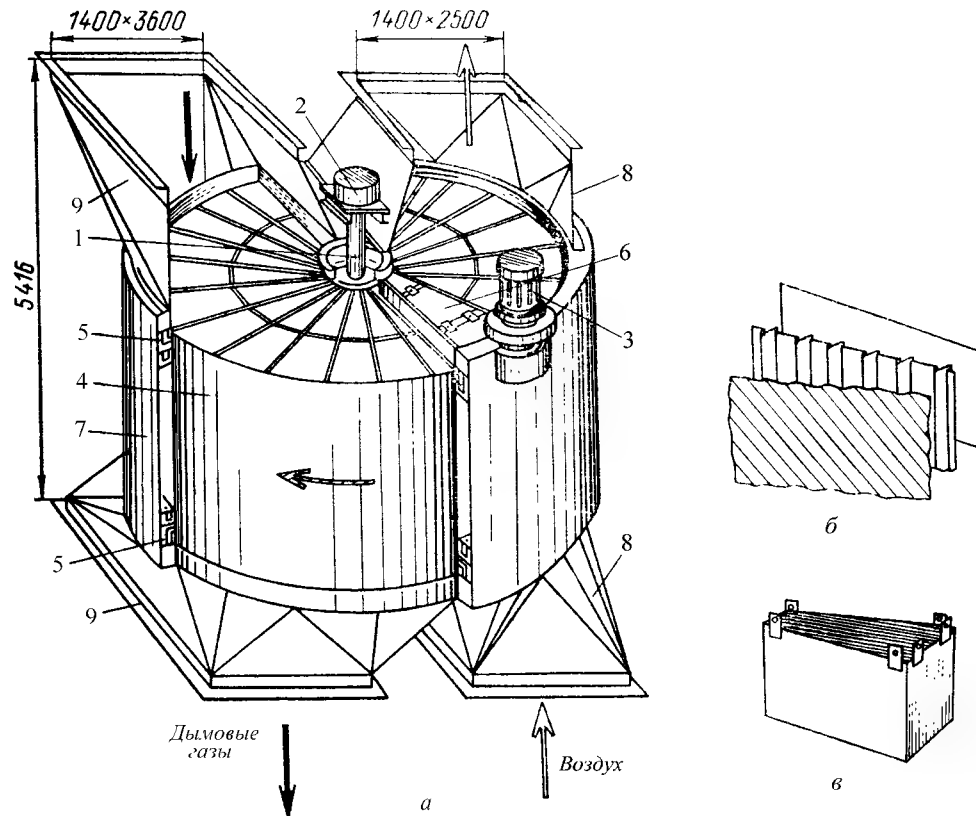


Рис. 33. Регенеративный вращающийся воздухоподогреватель: *а* – внешний вид аппарата (передняя часть верхних коробов и кожуха условно отрезана); *б* – отдельные пластины различной формы; *в* – секция с пластинами; 1 – вал ротора; 2 – верхний подшипник (нижний подпятник не виден на чертеже); 3 – электродвигатель с редуктором; 4 – ротор; 5 – наружное уплотнение ротора; 6 – радиальное уплотнение ротора, препятствующее перетеканию воздуха в газовый поток; 7 – наружный кожух; 8 – патрубки для воздуха; 9 – газовые патрубки

В ряде конструкций полые балки для опирания водяного экономайзера проходят через конвективную шахту и обогреваются дымовыми газами. Эти балки охлаждаются продуваемым внутри воздухом, а их наружная поверхность покрывается тепловой изоляцией. К каркасу относятся также обшивочные щиты и рамы, на которые опираются обмуровка и отдельные поверхности нагрева. Основные колонны и балки изготавливаются сварными из листовой стали, а более мелкие элементы каркаса – из швеллера и других профилей проката.

В котлоагрегатах с естественной циркуляцией большая часть нагрузки от барабана и экранов, висящих на верхних коллекторах, передается главным образом на верхнюю часть каркаса. В прямоточных котлоагрегатах значительная часть нагрузки от трубных панелей НРЧ, СРЧ и ВРЧ передается на среднюю и нижнюю части каркаса, что позволяет уменьшить сечение верхней части основных колонн. Нагрузка каркаса от элементов котлоагрегата вызывает сжатие и изгиб колонн и основных балок.

Кроме того, в элементах каркаса возникают напряжения в результате неравномерных тепловых расширений этих элементов. Эти напряжения могут стать опасными только при повреждении обмуровки и перегреве несущих элементов каркаса.

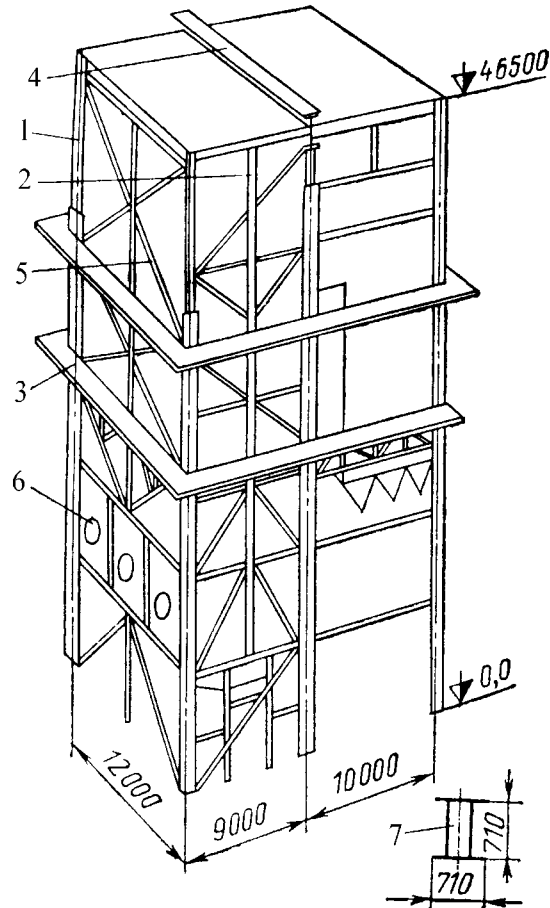


Рис. 34. Схема каркаса правого корпуса пылеугольного котлоагрегата сверхкритического давления типа ТПП-210А (показаны фронтальная и правая боковая стены): 1 – основная колонна; 2 – вспомогательная колонна; 3 – горизонтальная ферма; 4 – потолочная опорная балка; 5 – диагональная связь; 6 – отверстие для горелок; 7 – поперечное сечение основной колонны

Каркас может подвергаться действию горизонтальных нагрузок, стремящихся его опрокинуть. Горизонтальные нагрузки возникают от действия ветра при открытой и полукрытой установке котлоагрегата и во время землетрясения. Возможность опрокидывания предотвращается установкой диагональных связей между колоннами. Прогиб колонн предотвращают установкой горизонтальных промежуточных балок и ферм.

Площадки обслуживания, выполненные в виде горизонтальных рам и ферм, приваренных к каркасу, увеличивают прочность и жесткость каркаса. Размеры площадок и лестниц, угол наклона последних и другие особенности их конструкции устанавливаются правилами Госгортехнадзора.

К основному каркасу прикрепляют обшивочные рамы, а к ним – обмуровку и трубы радиационных поверхностей нагрева.

В последние годы получили распространение щитовые каркасы. При щитовом каркасе на фундамент котлоагрегат устанавливается портал, имеющий высоту нижних отметок коллекторов поверхностей нагрева. На портал устанавливают вертикальные обшивочные щиты, рамы которых выполнены из швеллеров или двутавров. К щитам прикрепляют поверхности нагрева и обмуровку. Следовательно, такие каркасы не имеют отдельных не-

сущих колонн. На нижний ярус щитов опирается верхний ярус, на щиты которого опираются горизонтальные потолочные балки. Щиты соединяются между собой на сварке. Каркас щитового типа применяется для прямоточных котлоагрегатов, у которых трубные панели радиационной части крепятся к соответствующим обшивочным щитам, а также для котлоагрегатов с естественной циркуляцией Барнаульского котельного завода производительностью до 420 т/ч. Щитовые каркасы дают экономию металла в размере 5–7% и облегчают монтажные работы.

Масса каркаса зависит от паропроизводительности котлоагрегата и составляет 0,8–1,2 т на 1 т часовой паропроизводительности. Таким образом, масса каркаса котлоагрегата паропроизводительностью 420 т/ч составляет 400–500 т, а паропроизводительностью 1000 т/ч – 800–1000 т.

Применение газоплотных котлоагрегатов, в которых тяжелая обмуровка заменена тепловой изоляцией, позволило резко снизить общую массу котлоагрегата с обмуровкой. В этих условиях, несмотря на увеличение массы металлической части котлоагрегата, здание котельной способно воспринимать нагрузку от подвески, к нему котлоагрегата.

Элементы газоплотных котлоагрегатов подвешивают к мощным хребтовым балкам, опирающимся на здание, обеспечивая свободное расширение вниз всех поверхностей нагрева. При этом каркас не воспринимает массы котлоагрегата, а служит лишь для обеспечения жесткости сварных экранных панелей, восприятия давления наддува и опирания помостов и лестниц. Подвеска котлоагрегата производится только к хребтовым балкам здания, причем со стенами котлоагрегат не связан, что исключает передачу деформаций здания на конструкцию котлоагрегата.

## 2.9. Обмуровка. Гарнитура. Арматура

Обмуровка служит для ограждения стен, пода и потолка топочной камеры и газоходов котлоагрегата, работающего под разрежением, и препятствует передаче теплоты от котлоагрегата окружающему воздуху. Конструкция обмуровки должна также предохранять котлоагрегат от присосов холодного воздуха и, обеспечивая минимальную потерю теплоты в окружающую среду, создавать нормальные условия для работы обслуживающего персонала и предохранять каркас котлоагрегата от недопустимого нагрева. Следовательно, обмуровка котлоагрегатов, работающих под разрежением, должна быть механически прочной, выдерживать высокую температуру, обладать высокими теплоизоляционными свойствами и иметь необходимую плотность. Материал обмуровки должен быть стойким против воздействия расплавленных шлаков, а конструкция обмуровки – простой.

Обмуровка современных котлоагрегатов большой производительности, работающих под разрежением, состоит из обращенного внутрь топки или газохода огнеупорного слоя, изоляционного и наружного уплотнительного слоев. Наружный слой выполняется в виде стальной обшивки или газонепроницаемой уплотнительной обмазки.

Толщину отдельных слоев и обмуровки в целом выбирают такой, чтобы температура поверхности каждого слоя, обращенной к газам, не превышала допустимого значения для данного материала, а температура наружной поверхности обмуровки не превышала температуры наружного воздуха более чем на 30 °С.

Обмуровка стен топочной камеры, защищенная экранными трубами, имеет меньшую толщину, чем области ширмового и конвективного пароперегревателей.

В котлоагрегатах старых конструкций огнеупорный слой обмуровки выкладывался вручную из шамотных кирпичей, что требовало больших затрат труда и времени. В современных котлоагрегатах применяют щитовую обмуровку, закрепляемую на каркасе котлоагрегата. Огнеупорный слой выполнен в виде набора железобетонных щитов, заполненных огнеупорным бетоном (шамотобетоном). К этим щитам с наружной стороны прикрепляют изоляционные материалы (совелитовые, диатомитовые плиты и др.). Обму-

ровку прикрепляют к рамам обшивочных щитов каркаса (рис. 35). Для обеспечения свободного теплового расширения между соседними щитами в слое шамотобетона оставляют зазоры (температурные швы). В изоляционном слое из-за пористости материала зазоров не делают. Общая толщина обмуровки топки составляет 180–250 мм, неэкранированных конвективных газоходов – до 350 мм.

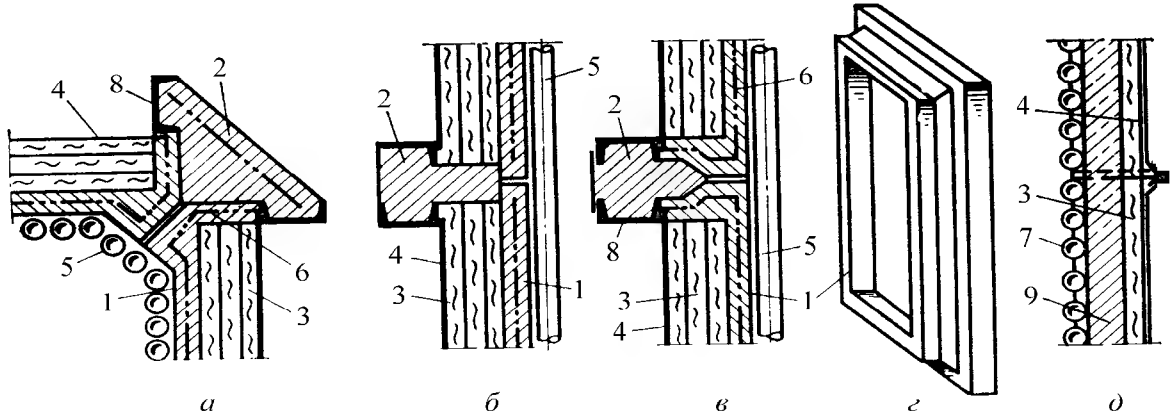


Рис. 35. Узлы щитовой обмуровки: а – узел сопряжения щитов обмуровки в углу топки (горизонтальный разрез); б и в – узлы сопряжения щитов на вертикальной стене топки; г – щит с из шамотобетона; д – узел изоляции цельносварной трубной панели; 1 – шамотобетон; 2 – термоизоляционный бетон; 3 – совелитовые плиты; 4 – стальная обшивка; 5 – экранная труба; 6 – стальная арматура шамотобетонного щита; 7 – трубная панель; 8 – рама обшивочного щита каркаса; 9 – плита известково-кремнеземистой изоляции

Для уменьшения утечки теплоты в местах соприкосновения железобетонных щитов со стальной обшивкой по их периметру применяют конструкции узлов обмуровки, представленные на рис. 35, б и 35, в, из которых предпочтительнее конструкция на рис. 35, б.

Для изготовления огнеупорного слоя обмуровки используется шамот, получаемый при длительном обжиге белой глины при температуре 450–700 °С. Шамотобетон содержит 75–85 % молотого и дробленого шамота и 15–25 % глиноземистого цемента или портландцемента.

Для изоляционного слоя часто применяют теплоизоляционный бетон, состоящий из 65–75 % молотого диатомита (горная порода) и цементной связки, или совелитовые плиты, изготавливаемые из смеси обработанного доломита и измельченного асбеста.

Для котлоагрегатов с цельносварными трубными панелями огнеупорный слой обмуровки не выполняют из-за более низких температур за панелями. К панелям прикрепляют известково-кремнеземистые плиты, на которые укладывают изоляционный слой. Стальным листам обшивки в местах их сопряжения придают изогнутую форму для обеспечения герметичности при тепловом расширении панелей (рис. 35, д). В современных котлоагрегатах с естественной циркуляцией и гладкотрубными экранами, работающих под разрежением, применяют также обмуровку топки, прикрепленную к трубам экранов и перемещающуюся вместе с ними при нагревании и остывании котлоагрегата.

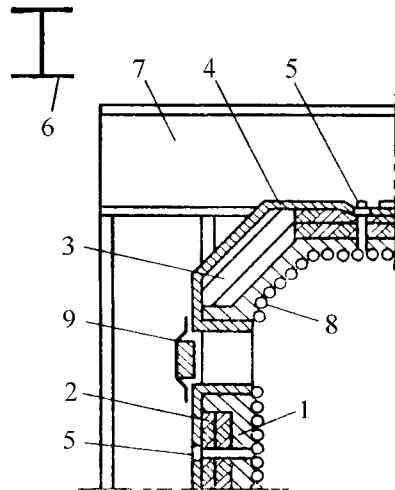


Рис. 36. Угол топочной камеры с натрубной обмуровкой (горизонтальный разрез): 1 – огнеупорный бетон; 2 – совелит; 3 – термоизоляционный бетон; 4 – уплотнительная обмазка; 5 – стяжной болт; 6 – колонна каркаса; 7 – балка пояса жесткости; 8 – экранная труба; 9 – смотровой лючок

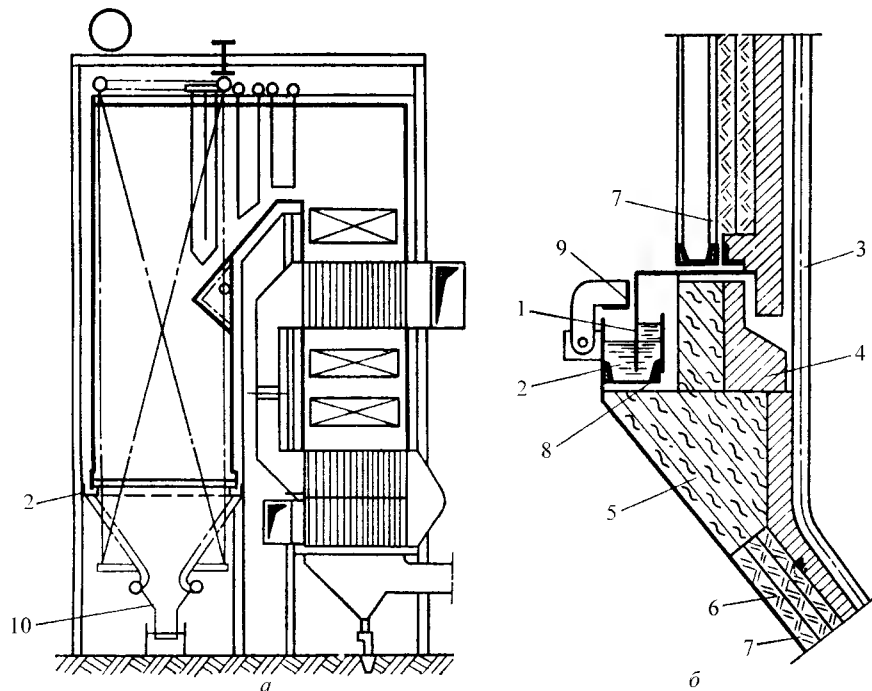


Рис. 37. Водяной затвор в месте сопряжения щитовой обмуровки вертикальных стен топки и висящей на трубах обмуровки холодной воронки: *а* – схема расположения затвора (перемещающиеся при нагревании экранные трубы и связанные с ними конструкции показаны пунктиром); *б* – конструкция затвора; 1 – нож; 2 – ванна с водой; 3 – экранная труба; 4 – огнеупорный бетон; 5 – термоизоляционный бетон; 6 – совелитовые плиты; 7 – наружная стальная обшивка; 8 – асбестовая прокладка; 9 – угольник, защищающий воду от загрязнения; 10 – водяной затвор шлаковой камеры

Такая обмуровка называется натрубной (рис. 36), эта обмуровка имеет сравнительно небольшую массу и состоит из тонкого слоя огнеупорного бетона (80 % шамота + 20 % связывающего глиноземистого цемента), двух-трех слоев изоляционных плит или матрасов, укрепляемых приваренными к трубам стяжными болтами. Снаружи обмуровку покрывают тонким слоем непроницаемой для воздуха уплотнительной обмазки.

Имеются конструкции котлоагрегатов, у которых под или холодная воронка имеет натрубную обмуровку, перемещающуюся вместе с трубами, а топка – щитовую, опирающуюся на каркас.

При разогреве экранные трубы холодной воронки удлиняются и укрепленная на них обмуровка перемещается вниз. Зазор между натрубной обмуровкой и обмуровкой вертикальных стен топки уплотняют гидравлическим затвором, представляющим собой длинный короб с водой, присоединенный к трубам, в который опущен вертикальный стальной нож, закрепленный к неподвижной обмуровке топки (рис. 37). Затвор расположен по периметру топки.

Для защиты барабанов, коллекторов и газовых коробов от смывания газами и излучения факела применяют торкрет, представляющий плотную огнеупорную массу. Торкрет наносят на проволочную сетку, устанавливаемую на расстоянии 40–50 мм от торкретируемой поверхности.

Торкрет имеет следующий состав (по массе): дробленый и молотый шамот 75 %, глиноземистый цемент 10 % и огнеупорная глина 15 %.

На экранные трубы при вводе в барабан (коллектор) устанавливают манжеты из картона толщиной 5 мм; манжеты должны упираться в барабаны или коллектор, а их противоположные концы должны выступать из слоя торкрета.

В процессе работы котлоагрегата картон выгорает, и образовавшийся зазор позволяет трубам свободно расширяться при нагревании.

Гарнитура – устройства, обеспечивающие ремонт, обслуживание и наблюдение за работой котлоагрегата. К гарнитуре относятся затворы шлаковых и золовых бункеров, лавовые дверцы в обмуровке, гляделки, лючки т. п.

Устройства, служащие для управления работой котлоагрегата и находящиеся под рабочим давлением, называются арматурой.

К арматуре котлоагрегата относятся манометры, водоуказательные приборы, предохранительные, регулировочные, обратные клапаны и запорные органы (вентили и задвижки).

## 2.10. Устройства для наружной очистки поверхностей нагрева

Для наружной очистки поверхностей нагрева от летучей сажи и золы применяются обдувочные аппараты различной конструкции.

Очистка радиационных поверхностей нагрева и вертикальных трубных пакетов пылеугольных котлоагрегатов производится перегретым паром (см. рис. 38) с давлением от 1,25 до 3,9 МПа (13–40 кгс/см<sup>2</sup>) и температурой 350 °С или сжатым воздухом с таким же давлением. Очистка перегретым паром, как более экономичная, применяется чаще.

Аппарат для паровой обдувки топочных экранов показан на рис. 38. Аппарат состоит из обдувочной трубы для подвода пара и механизма привода. Вначале обдувочной трубе сообщается поступательное движение. Когда сопловая головка движется в топку, труба начинает вращаться. В это время открывается автоматически паровой клапан и пар поступает к двум диаметрально расположенным соплам. После окончания обдувки электродвигатель переключается на обратный ход и сопловая головка возвращается в исходное положение, что предохраняет ее от чрезмерного нагрева.

Для обдувки радиационных поверхностей нагрева применяют маловыдвижные обдувочные аппараты с радиусом действия до 3 м. На каждой стене топочной камеры мощного котлоагрегата устанавливается несколько десятков обдувочных аппаратов. Поочередный пуск их в работу производится автоматически с пульта управления.

Для обдувки вертикальных трубных пакетов, расположенных по всей ширине газохода, применяются глубоководные обдувочные аппараты.

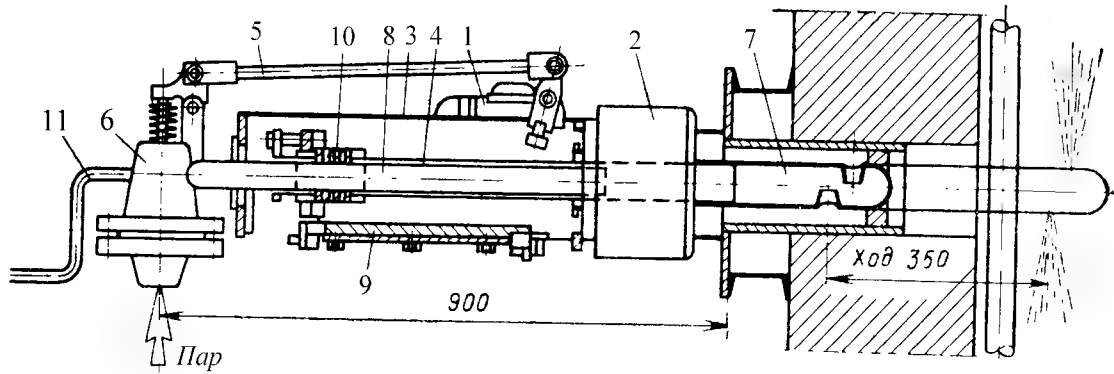


Рис. 38. Аппарат для паровой обдувки экранов: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – корпус; 4 – шпиндель; 5 – рычажный механизм; 6 – клапан; 7 – сопловая головка с двумя соплами; 8 – центральная неподвижная труба; 9 – направляющая; 10 – сальник; 11 – рукоятка

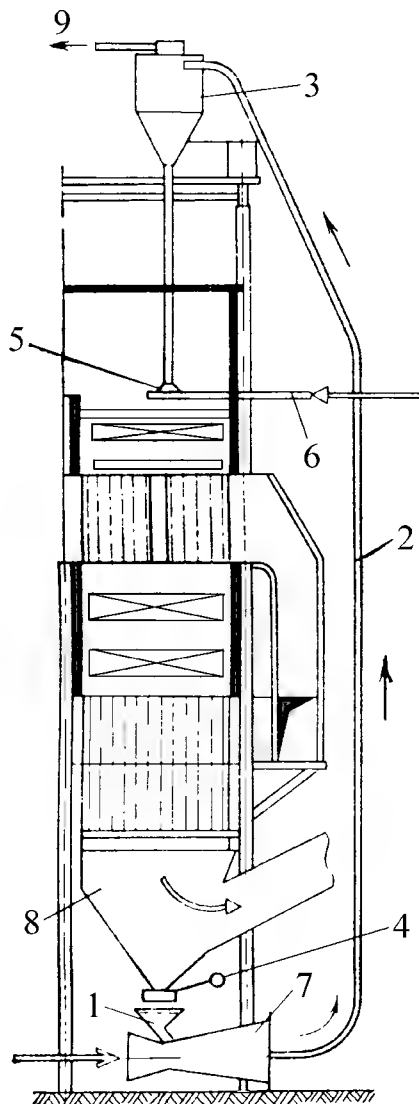


Рис. 39. Схема дробеочистительной установки с верхним забрасывателем дробы: 1 – бункер для дробы; 2 – трубопровод для подачи дробы в дробеуловитель; 3 – дробеуловитель (циклон); 4 – автоматический клапан (мигалка); 5 – разбрасыватель дробы; 6 – подача и отвод охлаждающей воды от разбрасывателя; 7 – инжектор; 8 – выход дымовых газов из котлоагрегата; 9 – выход воздуха из дробеуловителя

Очистку горизонтальных трубных пакетов и ВЗП в конвективной шахте обычно производят стальной дробью диаметром 3–7 мм, и ВЗП которую разбрасывают в верхней части вертикального газохода. Дробь, падая, увлекает за собой осевшую на трубах летучую золу и сажу. В нижней части газохода дробь собирается в бункер, а большая часть золы и сажи захватывается потоком дымовых газов и удаляется из котлоагрегата (рис. 39).

Паровой или воздушный инжектор, установленный внизу, создает поток, который поднимает по трубам дробь на верх котлоагрегата – в дробеуловитель, где дробь отделяется от воздуха или пара и снова направляется в газоход.

Очистка регенеративных воздухоподогревателей производится паровой обдувкой во время работы и обмывкой водой при остановках.

### **3. ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ**

#### **3.1 Производственное объединение «Красный котельщик» (г. Таганрог)**

Производственное объединение «Красный котельщик» (ПО «Красный котельщик») изготавливает прямоточные котлы паропроизводительностью от 1000 до 3950 т/ч на давление пара 25,0 МПа и температуру перегрева пара 545/542 °С (табл. 1), а также барабанные котлы с естественной циркуляцией паропроизводительностью от 400 до 670 т/ч на давление 13,8 МПа и температуру перегрева пара 545–560 °С (табл. 2).

В основном все котлы являются газоплотными, прочная камера, переходный газоход и конвективные шахты экранированы цельносварными панелями.

Прямоточные котлы изготавливаются для сжигания каменного угля, мазута и природного газа, в том числе котел Пп-2650-25-545/542 (ТПП-804) модифицированный на сжигание нескольких видов топлива (донецкого ГСШ, кузнецкого СС и газа) для работы в блоке с конденсационной турбиной мощностью 800 МВт.

Газомазутные котлы ПО «Красный котельщик» изготавливает для работы в блоке с конденсационными турбинами мощностью 300, 800 и 1200 МВт; в котле Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344СО) используется комбинированная циркуляция с использованием циркуляционных насосов; котел работает в блоке с турбиной мощностью 300 МВт.

Прямоточные котлы Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ) и Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ) предназначены для работы с турбиной мощностью 800 МВт в условиях холодного климата.

Котел Пп-2650-25-545/542 Г (ТПП-805СЗ) предназначен для работы с турбиной мощностью 800 МВт в условиях больших сейсмических нагрузок.

Все прямоточные котлы – однокорпусные, имеют П-образную компоновку, исключение составляет котел Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804), который имеет Т-образную компоновку.

Барабанные котлы с естественной циркуляцией производительностью 670 т/ч имеют промперегрев на температуру перегретого пара 545/545 °С, а барабанные котлы с естественной циркуляцией, паропроизводительностью 400–500 т/ч не имеют промперегрева; температура перегретого пара составляет 560 °С.

Паровые котлы с естественной циркуляцией, имеющие промперегрев, предназначены для работы в блоках с конденсационными турбинами 210 МВт. ПО «Красный котельщик» изготавливает более восьми модификации котлов для блока мощностью 210 МВт для различных видов топлива, природный газ, мазут, каменные и бурые угли, торф и сланцы. Все котлы имеют П-образную компоновку, они однокорпусные и представляют собой унифицированную серию. Исключение составляет котел Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215),



имеющий Т-образную компоновку.

Котлы паропроизводительностью 670 т/ч проектируются для работы в различных климатических условиях: как в районах холодного климата, так и в районах с повышенными сейсмическими и ветровыми нагрузками, для открытой компоновки и для установки в котельные помещения.

Котлы без промперегрева предназначены для работы с теплофикационными турбинами. Таких котлов имеется шесть типоразмеров. Производство четырех типоразмеров передается производственному объединению «Сибэнергомаш», это котлы: Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464), Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430), Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429), Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431) и котлы 160 т/ч на давление 1,4/2,4 МПа (ТГМЕ-187).

Котлы Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464) и Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428) применяются для сжигания природного газа и мазута.

Котлы Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429), Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430) и Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431) представляют собой унифицированную серию котлов. Котел Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431) предназначен для сжигания промежуточного продукта переработки каменного угля, коксового, доменного и природного газа.

Котлы Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428) и опытно-промышленный Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427) имеют вихревые топki.

На барабанных котлах с естественной циркуляцией паропроизводительностью 500 и 400 т/ч установлены мембранные водяные экономайзеры, кроме котла Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464), на котором так же, как и на котле Е-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206), предусмотрена установка как гладкотрубных, так и мембранных водяных экономайзеров. Мембранные водяные экономайзеры изготавливаются на специализированной технологической линии МЕКОПОН-2.

Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования прямоточных котлов приведен в табл. 3, а котлов с естественной циркуляцией – в табл. 4.

Все газо-мазутные котлы, а также мощные пылеугольные котлы на сверхкритические параметры оборудованы регенеративными вращающимися воздухоподогревателями.

Котлы типа Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202), Пп-2650-26-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ), Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804), Пп-2650-25-545/542 Г (ТПП-805СЗ) и Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ) оснащены крупнейшими регенеративными воздухоподогревателями с диаметром ротора 14,5 м, изготавливаемыми по лицензии котлостроительных фирм Германии.

Производственное объединение «Красный котельщик» является основным производителем регенеративных вращающихся воздухоподогревателей и поставляет их не только с котлами своего производства, но и производственного объединения «Сибэнергомаш» и с некоторыми котлами Подольского машиностроительного завода.

Некоторые котлы объединения выполнены в жестком варианте к конструкции здания, и поэтому не имеют собственного каркаса. Это котлы: Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202), Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ), Пп-2650-25-545/542 (ТПП-804) и др. Кроме того, объединение изготавливает высоконапорные парогенераторы типа ВПГ для парогазовых ПГУ-250, сжигающих газ и мазут, а также твердое топливо с его внутрицикловой газификацией.

Все котлы снабжены: необходимой арматурой, устройствами очистки поверхностей нагрева, отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизация, тепловой защитой технологических процессов, системой автоматического розжига и селективного контроля факела горелок.

Таблица 1

**Технические характеристики прямоточных котлов  
производственного объединения «Красный котельщик»**

| Наименование<br>показателей                                                                      | Пп-3950-25-<br>545/542 ГМН<br>(ТГМП-1202) | ПП-2650-25-<br>545/542 ГМН<br>(ТГМП-204ХЛ) | Пп-2650-25-<br>545/542 ГМ<br>(ТГМП-806ХЛ) | Пп-2650-25-<br>545/542 Г (ТТП-<br>805СЗ) | Пп-2650-25-<br>545/542 КТ<br>(ТПП-804) | Кп-1000-25-<br>545/542 ГМН<br>(ТГМП-344СО) | Кп-1000-25-<br>545 542 ГМ<br>(ТГМП-344А) | Кп-1000-25-<br>545 542 ГМ<br>(ТГМП-344СО) | Кп-1000-25-<br>545 542 ГМ<br>(ТГМП-344АС) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Год выпуска<br>Вид топлива                                                                       | 1978<br>Газ, мазут                        | 1973<br>Мазут, газ                         | 1987<br>Природный<br>газ, мазут           | 1989<br>Газ                              | 1982<br>Кузнечные<br>каменные<br>угли  | 1976<br>Газ, мазут                         | 1979<br>Мазут, газ                       | 1980<br>Природный<br>газ, мазут           | 1989<br>Мазут, газ                        |
| Номинальная паропро-<br>изводительность, т/ч                                                     | 3950                                      | 2650                                       | 2650                                      | 2650                                     | 2650                                   | 1000                                       | 1000                                     | 1000                                      | 1000                                      |
| Расход пара через пром-<br>перегреватель, т/ч                                                    | 3240                                      | 2186                                       | 2186                                      | 2186                                     | 2186                                   | 790                                        | 800                                      | 790                                       | 790                                       |
| Давление на выходе,<br>МПа<br>перегретого пара<br>пара промперегрева                             | 25<br>3,68                                | 25<br>3,74                                 | 25<br>3,48                                | 25<br>3,48                               | 25<br>3,48                             | 25<br>3,97                                 | 25<br>3,77                               | 25<br>3,97                                | 25<br>3,97                                |
| Температура, °С:<br>перегретого пара<br>пара промперегрева<br>питательной воды<br>уходящих газов | 545<br>542<br>270<br>142                  | 545<br>542<br>277<br>149,5                 | 545<br>542<br>275<br>149                  | 545<br>542<br>275<br>145                 | 545<br>542<br>275<br>132               | 545<br>542<br>275<br>148                   | 545<br>542<br>270<br>138                 | 545<br>542<br>270<br>130                  | 545<br>542<br>270<br>130                  |
| КПД (брутто),<br>гарантийный, %                                                                  | 93,3                                      | 93,3                                       | 94,6                                      | 94,6                                     | 92,4                                   | 92,0                                       | 93,3                                     | 93,2                                      | 94,8                                      |
| Компоновка                                                                                       | П-образная                                |                                            |                                           | Т-образная                               |                                        |                                            | П-образная                               |                                           |                                           |
| Габаритные размеры<br>котельной ячейки, м:<br>ширина                                             | 72                                        | 72                                         | 72                                        | 72                                       | 84                                     | 48                                         | 48                                       | 48                                        | 48                                        |

Таблица 2

**Технические характеристики котлов с естественной циркуляцией  
производственного объединения «Красный котельщик»**

| Наименование<br>показателей                                                                                                                                            | Ел-670-<br>13.8-545<br>ГМН<br>(ТГМЕ-<br>206) | Ел-670-<br>13.8-545<br>ГМ<br>(ТГМЕ-<br>206ДВСО) | Ел-670-<br>13.8-545<br>ГМ<br>(ТГМЕ-<br>06ХЛ) | Ел-670-<br>13.8-545<br>ГМН<br>(ТГМЕ-<br>206ВСО) | Ел-670-<br>13.8-545<br>ГМ<br>(ТГМЕ-<br>206АСО) | Ел-670-<br>13.8-545 Г<br>(ТГМЕ-<br>206БСО) | Ел-670-<br>13.8-545<br>КДТ (ТПЕ-<br>214А)  | Ел-670-<br>13.8-546<br>КДТ (ТПЕ-<br>214 СЗ ХЛ) | Ел-670-<br>13.8-545<br>КТ (ТПЕ-<br>215)  | Ел-670-<br>13.8-545<br>КТ (ТПЕ-<br>215АС) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                      | 2                                            | 3                                               | 4                                            | 5                                               | 6                                              | 7                                          | 8                                          | 9                                              | 10                                       | 11                                        |
| Год выпуска                                                                                                                                                            | 1982                                         | 1987                                            | 1982                                         | 1983                                            | 1985                                           | 1985                                       | 1988                                       | 1982                                           | 1983                                     | 1987                                      |
| Вид топлива                                                                                                                                                            | Газ, мазут                                   | Мазут, газ                                      | Газ, мазут                                   | Газ, мазут                                      | Газ, ма-<br>зут,<br>сырая<br>нефть             | Газ                                        | Кузнец-<br>кий ка-<br>менный<br>уголь Г, Д | Нерюн-<br>гинский<br>каменный<br>уголь         | Нерюн-<br>гинский<br>камен-<br>ный уголь | Тошый<br>каменный<br>уголь                |
| Номинальная паропроизводи-<br>тельность, т/ч                                                                                                                           | 670                                          | 670                                             | 670                                          | 670                                             | 670                                            | 670                                        | 670                                        | 670                                            | 670                                      | 670                                       |
| Расход пара через промперег-<br>реватель, т/ч                                                                                                                          | 575                                          | 570                                             | 590                                          | 576                                             | 585                                            | 590                                        | 570                                        | 570                                            | 575                                      | 590                                       |
| Давление на выходе, МПа:<br>перегретого пара<br>пара промперегрева<br>Температура, °С:<br>перегретого пара<br>пара промперегрева<br>питательной воды<br>уходящих газов | 13,8<br>2,5<br>545<br>545<br>240<br>121      | 13,8<br>2,5<br>545<br>545<br>247<br>161         | 13,8<br>2,4<br>545<br>545<br>240<br>118      | 13,8<br>2,5<br>545<br>545<br>240<br>128         | 13,8<br>2,53<br>545<br>545<br>248<br>120/173*  | 13,8<br>2,52<br>545<br>545<br>240<br>119   | 13,8<br>2,39<br>545<br>545<br>248<br>131   | 13,8<br>2,5<br>545<br>545<br>244<br>144        | 13,8<br>2,41<br>545<br>545<br>250<br>145 | 13,8<br>2,41<br>545<br>545<br>242<br>145  |
| КПД (брутто) гарант., %                                                                                                                                                | 94,4                                         | 93,0                                            | 94,4                                         | 93,0                                            | 92,5/92,5*                                     | 92,0                                       | 92                                         | 91,5                                           | 91,5                                     | 90,5                                      |
| Компоновка котла                                                                                                                                                       | П-образная                                   |                                                 |                                              |                                                 |                                                |                                            |                                            |                                                |                                          |                                           |
| Размеры котельной ячейки:<br>ширина, м<br>глубина, м                                                                                                                   | 36<br>36                                     | 42<br>36                                        | 36<br>36                                     | 42<br>36                                        | 42<br>36                                       | 40<br>36                                   | 48(36)<br>40                               | 48(36)<br>40                                   | 36<br>42                                 | 48<br>45,6                                |

Окончание табл. 2

| Наименование показателей                                                            | Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215БС) | Еп-670-13,8-545 ГТ (ТПЕ-215)                | Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПЕ-215 СЗ) | Еп-670-13,8-545 ВТ (ТПЕ-216) | Е-500-13,8-560 ГМН (ТПМЕ-464) | Е-500-13,8-560 ГМВН (ТПМЕ-428) | Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430) | Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПЕ-431) | Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427)             | Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| 1                                                                                   | 12                             | 13                                          | 14                               | 15                           | 16                            | 17                             | 18                           | 19                           | 20                                       | 21                           |
| Год выпуска                                                                         | 1988                           | 1987                                        | 1985                             | 1984                         | 1975                          | 1981                           | 1984                         | 1983                         | 1979                                     | 1984                         |
| Вид топлива                                                                         | Каменный уголь                 | Нерюнгринский каменный уголь, природный газ | Тунгусский каменный уголь        | Харанорский бурый уголь      | Мазут, природный газ          | Природный газ, мазут           | Кузнецкий каменный уголь СС  | Промышленный коксовый газ    | Березовские, наваровские, кузнецкие угли | Кузнецкий каменный уголь     |
| Паропроизводительность, т/ч                                                         | 670                            | 670                                         | 670                              | 670                          | 500                           | 500                            | 500                          | 500                          | 500                                      | 400                          |
| Расход пара через промпрегреватель, т/ч                                             | 590                            | 575                                         | 578,5                            | 577                          | —                             | —                              | —                            | —                            | —                                        | —                            |
| Давление на выходе, МПа: пара перегрева пара промпрегрева                           | 13,8<br>2,41                   | 13,8<br>2,41                                | 13,8<br>2,5                      | 13,8<br>2,45                 | 13,8<br>—                     | 13,8<br>—                      | 13,8<br>—                    | 13,8<br>—                    | 13,8<br>—                                | 13,8<br>—                    |
| Температура, °С: перегретого пара пара промпрегрева питательной воды уходящих газов | 545<br>545<br>242<br>148       | 545<br>545<br>250<br>145                    | 545<br>545<br>240<br>144         | 545<br>545<br>243<br>158     | 560<br>—<br>230<br>151        | 560<br>—<br>230<br>100         | 560<br>—<br>230<br>147       | 560<br>—<br>230<br>143       | 560<br>—<br>230<br>154                   | 560<br>—<br>230<br>152       |
| КПД (брутто) гарантийный, %                                                         | 90,5                           | 91,5/93**                                   | 92,0                             | 90,5                         | 93,5                          | 94,0                           | 90,6                         | 89,0                         | 90,2                                     | 91,0                         |
| Компоновка                                                                          | Т-образная                     |                                             | П-образная                       |                              | 4-ходовая                     |                                | П-образная                   |                              |                                          |                              |
| Размеры котельной ячейки, м:                                                        | 48<br>45,6                     | 36<br>42                                    | 48(36)<br>42                     | 48(36)<br>42                 | 24<br>30                      | 24<br>30                       | 36<br>39                     | 54<br>36                     | 36<br>33                                 | 36<br>39                     |

\* В числителе данные при сжигании газа, в знаменателе мазута

\*\* В числителе данные для угля, в знаменателе — для газа

© Бойко Е.А. Устройства и конструктивные характеристики энергетических котельных агрегатов

Таблица 3

**Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования прямоточных котлов  
производственного объединения «Красный котельщик»**

| Наименование                                                                       | Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202) | Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ) | Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ) | Пп-2650-25-545/542 Г (ТГП-805СЗ) | Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804) | Кп-1000-25-545/542 ГМ (ТГМП-344А) | Кп-1000-25-545/542 ГМ. (ТГМП.344 АСО) | Кп-1000-25-545/542 ГМ (ТГМП-344 АС) | Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344 СО) |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Вид топлива                                                                        | Мазут, газ                         | Мазут, газ                          | Природный газ, мазут               | Газ                              | Кузнечные каменные угли         | Мазут                             | Природный газ                         | Мазут, газ                          | Мазут, газ                           |
| Система пылеприготовления                                                          |                                    |                                     | —                                  | —                                | с прямым вдуванием              | —                                 | —                                     | —                                   | —                                    |
| Тип мелющего устройства (количество, шт)                                           | —                                  | —                                   | —                                  | —                                | МПС2650 (16)                    | —                                 | —                                     | —                                   | —                                    |
| Мощность привода, кВт                                                              | 16000                              |                                     |                                    |                                  |                                 |                                   |                                       |                                     |                                      |
| Тип дымососа (количество, шт.)                                                     | ДОД-43 (3)                         | ДОД-43 (3)                          | ДОД-43-500 ГМ (2)                  | ДОД-43-500 ГМ (2)                | ДОД-43 (3)                      | ДОД-31,5 ФГМ (2)                  | ДОД-31,5 ФГМ (2)                      | ДОД-31,5 ФГМ (2)                    | ДОД-31,5 ФГМ (2)                     |
| мощность привода, кВт                                                              | 3200                               | 3200                                | 5000                               | 5000                             | 3200                            | 1700                              | 1700                                  | 1700                                | 1700                                 |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт.), мощность установленного привода, кВт  | ВДН-36х2 (3) с турбоприводом       | ВДН-36х2 (2)                        | ВДН-36-2Э (2)                      | ВДН-36-2Э (2)                    | ВДОД-41-500-1 (2)               | ВДН-32Б (2)                       | ВДН-32Б (2)                           | ВДН-32Б (2)                         | ВДН-25х2-1 (2)                       |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт.), мощностью установленного привода, кВт | ГД-26*2 (2) 1250, ГД-31 (2) 800    | ГД-26*2 (2) 1250                    | ГД-26*2-1 (2) 1250                 | ГД-26*2-1 (2) 1250               | ДРГ-29х2-2 (2) 1600             | ГД-20-500У (2) 800                | ГД-20-500У (2) 800                    | ГД-20-500У (2) 800                  | ГД-31-1 (2) 800                      |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                             | —                                  | —                                   | —                                  | —                                | Батарейный золоуловитель        | —                                 | —                                     | —                                   | —                                    |
| Тип устройства шлакоудаления                                                       | —                                  | —                                   | —                                  | —                                | Шнековый                        | —                                 | —                                     | —                                   | —                                    |

Таблица 4

**Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования котлов с естественной циркуляции  
производственного объединения «Красный котельщик»**

| Наименование                                                                     | Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206) | Еп-670-13,8-545 ГМ (ТГМЕ-206 ДВСО) | Еп-670-13,8-545 Г (ТГМЕ-206ДВ) | Еп-670-13,8-545 ГМ (ТГМЕ-206ВСО) | Еп-670-13,8-543 ГМ (ТГМЕ-206АСО) | Еп-670-13,8-545 (ТГМЕ-206БСО) |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Вид топлива                                                                      | Газ, мазут                     | Мазут, газ                         | Газ                            | Газ, мазут                       | Газ, мазут, нефть                | Газ                           |
| Система пылеприготовления                                                        | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |
| Тип мелющего устройства                                                          | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |
| Тип мельничного вентилятора                                                      | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |
| Тип дымососа (количество, шт), мощность привода, кВт                             | ДОД-28,5-1ГМ (2) 1250          | ДОД-28,5-1ГМ (2) 1250              | ДН-26Х2-0,62 ГМ (2) 1000/500   | ДН-26Х2-0,62 ГМ (2) 718          | Осевой*                          | ДОД-28,5-1 ФГМ (2) 910        |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт), мощность установленного привода, кВт | ВДН-25х2-1 (2) 1600/685        | ВДН-32Б (2) 886                    | ВДН-32Б (2) 1250/725           | ВДН-32Б (2) 771                  | ВДН-32Б (2) 810                  | ВДН-32Б (2) 810               |
| Тип вентилятора горячего дутья                                                   | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт), мощность привода кВт                 | ГД-20-500У (2) 630             | ВГДН-17 (2) 162                    | ГД-20-500У (2) 220             | ГД-20-500У (2) 630               | ГД-20-500У (2) 220               | ГД-20-500У (2) 220            |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                           | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |
| Тип устройства шлакоудаления                                                     | —                              | —                                  | —                              | —                                | —                                | —                             |

\* Зарубежная поставка

Продолжение табл. 4

| Наименование                                                                   | Еп-670-13,8-545 КДГ (ТПЕ-214А)        | Еп-670-13,8-545 КДГ (ТПЕ-214С3ХЛ)     | Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215-2)        | Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215АС)        | Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215БС)        | Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПЕ-215)         |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Вид топлива                                                                    | Кузнечий каменный уголь Г и Д         | Промпродукт и нерюнгринский уголь     | Нерюнгринский каменный уголь СС       | Тоций каменный уголь                  | Каменный уголь                        | Нерюнгринский уголь и природный газ   |
| Система пылеприготовления                                                      | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме с прямым вдуванием |
| Тип мелющего устройства (количество, шт), мощность установленного привода, кВт | ММТ-2000/2590/750К (6) 800            | ММТ-2000/2590/750К (6) 800            | ММТ-2000/2590/750К (6) 800            | МШБУ-37*85 (2) 1600                   | МШБУ-37*85 (2) 1600                   | ММТ-2000/2590/750К (6) 800            |
| Тип мельничного вентилятора (количество, шт), мощность привода, кВт            | —                                     | —                                     | —                                     | ВМ-20ДЛ, (2) 800                      | ВМ-20ДЛ, (2) 800                      | —                                     |
| Тип дымососа (колич., шт.), мощность привода, кВт                              | ДОД-31,5Ф (2) 910                     | ДОД-28,5 (2) 1700                     | ДОД-28,5 (2) 1250                     | ДОД-28,5 (2) 1250                     | ДОД-28,5 (2) 1250                     | ДОД-28,5 (2) 1250                     |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт.), мощность привода, кВт             | ВДН-32Б (2) 1250/725                  | ВДН-32Б(2) 1250/925                   | ВДН-26-11У (2) 630/320                | ВДН-32Б (2) 1250/725                  | ВДН-28 (2) 800/400                    | ВДН-26 (2) 630/320                    |
| Тип вентилятора горячего дутья (количество, шт.), мощность привода, кВт        | —                                     | ВВН-18 (2) 389                        | ВВН-20 800                            | ВГДН-17 (2) 315                       | —                                     | ВВН 20 (2) 800                        |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт.), мощность привода, кВт             | ДН-17НЖ (2) 500                       | —                                     | ВВР 28 (2) 400/170                    | —                                     | —                                     | ВВР-28 (2) 400/170                    |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                         | —                                     | —                                     | Электрофильтры ЭГА-2-56-12-6-4        | —                                     | —                                     | —                                     |

Продолжение табл. 4

| Наименование                                                           | Еп-670-13,8-545 КТ<br>(ТПЕ-215СЗ)        | Еп-670-13,8-545 БТ<br>(ТПЕ-216)       | Е-500-13,8-560<br>(ТГМЕ-464) | Е-500-13,8-560<br>(ТГМЕ-428) |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Вид топлива                                                            | Тунгусский каменный уголь                | Харанорехий бурый уголь               | Мазут, природный газ         | Природный газ, мазут         |
| Система пылеприготовления                                              | По замкнутой схеме с прямым вдуванием    | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | —                            | —                            |
| Тип мелющего устройства (количество, шт), мощность привода, кВт        | ММТ-2000/2590/750К<br>(6)<br>800         | МВ-3300/800/490<br>(6)<br>800         | —                            | —                            |
| Тип мельничного вентилятора                                            | —                                        | —                                     | —                            | —                            |
| Тип дымососа (количество, шт.), мощность привода, кВт                  | ДОД-28,5<br>(2)<br>1250                  | ДОД-31,5Ф<br>(2)<br>1700              | ДОД-28,5ГМ-1<br>(1)<br>1250  | ДОД-28,5ГМ-1<br>(1)<br>1600  |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт), мощность привода, кВт      | ВДН-26<br>(2)<br>630/320                 | ВДН-28П<br>(2)<br>800/400             | ВДН-25Х2-1<br>(1)<br>1600    | ВДН-31,5<br>(2)<br>1250/725  |
| Тип вентилятора горячего дутья (количество, шт), мощность привода, кВт | ВВР-18<br>(2)<br>1250                    | —                                     | —                            | —                            |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт), мощность привода, кВт      | ДН-17<br>(2)<br>500                      | ДН-17<br>(2)<br>500                   | ГД-20<br>(1)<br>400          | —                            |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                 | Электрофильтр ЭГА-2-76-12-6-4 (2 компл.) | Электрофильтр ЭГА-2-56-12-6-4         | —                            | —                            |
| Тип устройства шлакоудаления                                           | Шнековый                                 | Шнековый                              | —                            | —                            |



Окончание табл. 4

| Наименование                                                                      | Е-500-13,8-560КДТ<br>(ТПЕ-430)        | Е-500-13,8-560ГДТ<br>(ТПЕ-431)                  | Е-500-13,8-560БВЖ<br>(ТПЕ-427)      | Е-400-13,8-560КДТ<br>(ТПЕ-429)           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| Вид топлива                                                                       | Кузнецкий каменный уголь              | Промпродукт, доменный, коксовый и природный газ | Березовский, назаровский бурые угли | Кузнецкий каменный уголь СС              |
| Система пылеприготовления                                                         | По замкнутой схеме с прямым вдуванием | По замкнутой схеме инд. вид. с промбункером     | Разомкнутая схема с промбункером    | По замкнутой схеме с прямым вдуванием    |
| Тип мелющего устройства (количество, шт.), мощность установленного привода, кВт   | ММТ-2000/2590/750К<br>(4)<br>800      | ШБМ/25А<br>(2)<br>800                           | ММТ-2000/2590/730К<br>(4)<br>630    | ШБМ-25А<br>(2)<br>800                    |
| Тип мельничного вентилятора (количество, шт.), мощность привода, кВт              | ВМ-20А<br>(2)<br>800                  | ВМ-18А-4-1<br>(2)<br>500                        | ВМ-18А-4-1<br>(4)<br>500            | ВМ-20Д<br>(2)<br>800                     |
| Тип дымососа (количество, шт.), мощность привода, кВт                             | ДН-26х2-0,62<br>(2)<br>1000/500       | ДН-26х2-0,62<br>(2)<br>1000/500                 | ДОД-31,5 Ф<br>(1)<br>1700           | ДОД-28,5-1<br>(1)<br>800/1250            |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт.), мощность привода, кВт                | ДН-26ГМ<br>(6)<br>630                 | ДН-26ГМ<br>(2)<br>630/320                       | ВДН-31,5<br>(2)<br>1250             | ВДН-32Б<br>(1)<br>1250/725               |
| Тип вентилятора горячего дутья (количество, шт.), мощность привода, кВт           | ВМ-20-А-4<br>(1)<br>800               | ГД-20-500У<br>(1)<br>630/320                    | —                                   | —                                        |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт.), мощность установленного привода, кВт | ДН-12,5 (1) 400                       | —                                               | ДН-21 (2) 160/80                    | —                                        |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                            | Мокрые скрубберы                      | Электрофильтр ЭГА-2-88-12-8-4 (1 компл.)        | УГЗ-3-117 (1 компл.)                | Электрофильтр ЭГА-2-56-12-6-4 (1 компл.) |
| Тип устройства шлакоудаления                                                      | Шнековый                              | Шнековый                                        | Шнековый                            | Шнековый                                 |

Основное вспомогательное оборудование, комплектующее котел, изготавливается российскими заводами тяжелого машиностроения. Так, оборудование пылеприготовления изготавливает Сызранский турбостроительный завод, тягодутьевое оборудование предоставляет производственное объединение «Сибэнергомаш», средства очистки поверхностей нагрева (обдувочные аппараты) – завод «Ильмарине»; горелочные устройства изготавливаются на ПО «Красный котельщик» и на заводе «Ильмарине». Некоторые модели котлов производственного объединения «Красный котельщик» экспортируются в различные страны мира.

### 3.2. Подольский машиностроительный завод (ЗиО)

Подольский машиностроительный завод им. Орджоникидзе (ЗиО) специализирован на изготовлении паровых котлов к энергоблокам мощностью 200, 300, 500 и 800 МВт, главным образом, для работы на низкосортных твердых топливах.

Основными типами котлов, выпускаемых ЗиО, являются: прямоточные котлы на закритические параметры пара типа Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р), паропроизводительностью 1650 т/ч к энергоблокам мощностью 500 МВт Экибастузского топливно-энергетического комплекса и Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67) паропроизводительностью 2650 т/ч к энергоблокам 800 МВт Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса, а также Пп-2650-25-545/542 БГТ (П-64-3) к блоку 300 МВт для сжигания ангренских углей и газа.

Проработка проектов котлов выполнялась заводом с учетом опыта и последних достижений в области отечественного и зарубежного котлостроения, проведения необходимого объема экспериментальных работ с привлечением отраслевых институтов. Котлы ЗиО по своим технико-экономическим показателям соответствуют лучшим отечественным и зарубежным образцам. В котлах, выпускаемых за рубежом, многие технические решения защищены авторскими свидетельствами.

Основное внимание при проектировании котлов уделяется вопросам обеспечения надежности их работы в заданном диапазоне нагрузок. В котле Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67) к блокам 800 МВт КАТЭКа главное внимание уделено изучению вопросов обеспечения надежной работы котла на Березовском угле, обладающим высокими шлакующими свойствами. Котел Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р) создан с учетом сжигания экибастузских углей, отличающихся сильной абразивностью золы, составляющей до 50 % по составу топлива.

Наряду с созданием традиционных типов котлов для тепловых электростанций ЗиО участвует в создании принципиально нового котельного оборудования для МГД-энергоблока 500 МВт и парогазовой установки ПГУ-800. Это изготовленный в 1986 г. котел производительностью 1000 т/ч на закритические параметры пара для МГД-энергоблока 500 МВт Рязанской ГРЭС и котел-утилизатор 1150 т/ч для ПГУ-800 Кармановской ГРЭС (выпуск головного котла намечен на 1992 г.). Создание этого котла стало возможным благодаря освоению заводом производства труб с поперечно-ленточным оребрением.

Кроме изготовления котлов для отечественных электростанций ЗиО постоянно изготавливает котлы на экспорт по индивидуальным заказам: в Болгарии; Югославии и КНР типа Еп-670-13,8-545ДТ (П-62), Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65) для блоков 200 МВт и Пп-1650-25-545 БТ (П-78), Пп-1650-25-545/542 КТ (П-76) – для блоков 500 МВт.

Все котлы, кроме Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62) являются прямоточными котлами, как правило, на сверхкритические параметры пара.

В табл. 5 представлен перечень основного вспомогательного оборудования, комплектующего прямоточные котлы и барабанный котел с естественной циркуляцией ЗиО, а техническая характеристика этих котлов приведена в табл. 6.

Таблица 5

**Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования котлов  
Подольского котлостроительного завода**

| Наименование                                                                        | Пп-2650-25-545/542<br>(П-67)                      | Пп-1650-25-545/542<br>(П-57P)                 | Пп-1650-25-545/542<br>(П-75)                      | Пп-1650-25-545/542<br>(П-76)                   | Пп-1650-25-545/542<br>(П-78)                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1                                                                                   | 2                                                 | 3                                             | 4                                                 | 5                                              | 6                                                 |
| Вид топлива                                                                         | Березовские<br>бурые угли                         | Экзобатузский<br>каменный уголь               | Югославский<br>бурый уголь                        | Китайский<br>каменный уголь                    | Китайские<br>бурые угли                           |
| Система пылеприготов-<br>ления                                                      | С прямым вдувани-<br>ем с газовойдушной<br>сушкой | С прямым вдувани-<br>ем и воздушной сушкой    | С прямым вдувани-<br>ем с газовойдушной<br>сушкой | С прямым вдувани-<br>ем и воздушной<br>сушкой  | С прямым вдувани-<br>ем и газовойдушной<br>сушкой |
| Тип мелющего устрой-<br>ства (число, шт ),<br>мощность привода, кВт                 | МВ-3300/800/490<br>(8)<br>800                     | МПС-2650<br>(6)<br>1600                       | МВ 70х 45*<br>(8)<br>1000                         | МПС-195<br>(8)<br>1000                         | МВ 3400/900/490<br>(8)<br>1000                    |
| Тип дымососа ( количе-<br>ство, шт ).<br>мощность привода, кВт                      | ДОД-43<br>(3)<br>5000                             | ДОД-43<br>(2)<br>3200                         | Дымосос осевой*<br>(2)<br>4500                    | ДОД-43-500<br>(2)<br>5500                      | Новой разработки<br>(2)<br>5000                   |
| Тип дутьевого вентиля-<br>тора ( количество, шт ),<br>мощность привода, кВт         | ВДН-36Х2-Э<br>(2)<br>4000/2000                    | ВДОД-31,5С<br>(2)<br>2500                     | Вентилятор<br>осевой*<br>(2)                      | ВДОД-31,5С<br>(2)<br>3200                      | ВДОД-31,5 СВ<br>(2)<br>2500                       |
| Тип вентилятора горя-<br>чего дутья ( количество,<br>шт ),<br>мощность привода, кВт | ГД-31<br>(4)<br>800/400                           | ВДН-21<br>(1)<br>400                          | Центробежный*<br>(2)                              | ВДН-17Б<br>(2)<br>400                          | ГД-20<br>(2)<br>630                               |
| Тип дымососа решрку-<br>ляции ( количество, шт ),<br>мощность привода, кВт          | ДРГ-29Х2-1<br>(2)<br>3150                         | —                                             | Центробежный*<br>(2)                              | —                                              | ДН-26<br>(2)<br>320                               |
| Тип и число золоулав-<br>ливающих устройств                                         | Электрофильтр<br>УГЗ-4-23С,<br>БЦУ Ø530 мм        | Электрофильтры<br>со скруббером<br>(1 компл.) | Электрофильтры                                    | Электрофильтр<br>ЭГД-2-128-9-6-6<br>(1 компл.) | Электрофильтры                                    |
| Тип устройства шлако-<br>удаления                                                   | Шнековый<br>(5 компл.)                            | Шнековый                                      | Шнековый                                          | Шнековый<br>(5 компл.)                         | Шнековый                                          |
| Вентилятор первичного<br>воздуха                                                    | —                                                 | —                                             | —                                                 | ВДН-28-2-1<br>3150/1000                        | —                                                 |

\* Поставка зарубежных фирм для экспортного котла

Окончание табл. 5

| Наименование                                                                      | Пп-1150-13.8-545<br>(П-77)                 | Пп-1000-25-545/542<br>(П-64-3)                          | Пп-1000-25-545/542<br>(П-74)                           | Еп-670-13.8-545 ДТ<br>(П-62)                            | Пп-660-13.8-545 ДТ<br>(П-65)                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1                                                                                 | 2                                          | 3                                                       | 4                                                      | 5                                                       | 6                                                       |
| Вид топлива                                                                       | Продукты сгорания после МГД, природный газ | Бурый уголь Ангренского месторождения                   | Продукты сгорания после МГД, природный газ             | Болгарские лигниты                                      | Югославские лигниты                                     |
| Система пылеприготовления                                                         | —                                          | Индивидуальная с прямым вдуванием с газозооушной сушкой | —                                                      | Индивидуальная с прямым вдуванием и газозооушной сушкой | Индивидуальная с прямым вдуванием с газозооушной сушкой |
| Тип мелющего устройства (число, шт.), мощность привода, кВт                       | —                                          | МВ-2700/650/590 (8) 630                                 | —                                                      | МВ-3300-800/490 (8) 800                                 | Мельница-вентилятор для размола угля* типа - 22050      |
| Тип дымососа (количество, шт.), мощность привода, кВт                             | Новой разработки (4)                       | ДОД-41-500 (2) 500                                      | ДРТ-29Х2-1 (2) 3150                                    | ДОД-41-1 (2) 2000                                       | ДОД-41 прав вращения (2) 2000                           |
| Тип дутьевого вентилятора (количество, шт.), мощность установленного привода, кВт | ДОД-31.5С (2) 1400/600                     | ВДН-32Б (2) 1250/755                                    | ВДН-24-ПУ (2) 400/200 (режим МГД) ВДН-32Б (2) 1250/725 | ВДН-32Б (2) 1250/750                                    | ВДН-32Б (2) 1 правый 1 левый 1250/725                   |
| Тип вентилятора горячего дутья (количество, шт.), мощность привода, кВт           | —                                          | ВДН-21М (1) 400                                         | —                                                      | ГД-20 (2) 400                                           | Вентилятор отсоса воздуха РВП1 ДК-21 400                |
| Тип дымососа рециркуляции (количество, шт.), мощность привода, кВт                | —                                          | ДН-21М (2) 400                                          | ГД-20-500у (4) 800/400                                 | —                                                       | —                                                       |
| Тип и число золоулавливающих устройств                                            | —                                          | Электрофильтр ЭГА 2-76-12-64                            | Электрофильтры                                         | Электрофильтры ЭГ 3-4-230                               | Электрофильтры (1 комплект)                             |
| Тип устройства шлакоудаления                                                      | —                                          | Шнековый                                                | —                                                      | Шнековый                                                | Транспортер (1 компл.)                                  |
| Вентилятор дутьевой (для охлаждения)                                              | ВДН-11,2 45 кВт                            | —                                                       | —                                                      | —                                                       | —                                                       |

\* Поставка зарубежных фирм для экспортного котла.

Таблица 6

## Технические характеристики котлов Подольского машиностроительного завода (ЗиО)

| Наименование                              | Пп-2650-25--545/542 БТ (П-67) | Пп 1650-25--545/542 К.Т (П-57Р) | Пп-1650-25--545/542 БТ (П-75) | Пп-1650-25--545/542 КТ (П-76) | Пп-1650-25--545 БТ (П-78) | Пп-1150-13.8 -545 Г (П-77) | Пп-1000-25-545/542 БГТ (П-64-3) | Пп-1000-25-545/542 Г (П-74) | Пп-67013.8--545 ДТ (П-65) | Ел-670-13.8--545 ДТ (П-75) |
|-------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Год выпуска                               | 1983                          | 1986                            | 1996                          | 1992                          | 1994                      | 1992                       | 1988                            | 1986                        | 1976                      | 1975                       |
| Вид топлива                               | Березовский бурый уголь       | Экибастузский каменный уголь    | Югославский бурый уголь       | Китайский каменный уголь      | Китайский бурый уголь     | Природный газ              | Ангреский бурый уголь           | Природный газ               | Югославские лигниты       | Болгарские лигниты         |
| Производительность, т/ч                   | 2650                          | 1650                            | 1650                          | 1650                          | 1650                      | 1150                       | 1000                            | 1000/900* <sup>4</sup>      | 660                       | 670                        |
| Расход пара промпрегрева, т/ч             | 2186                          | 1364                            | 1383                          | 1356                          | 1383                      | 1134                       | 800                             | 850                         | 557                       | 580                        |
| Давление на выходе, МПа: перегретого пара | 25                            | 25                              | 25                            | 25                            | 25                        | 13.8                       | 25                              | 25                          | 13.8                      | 13.8                       |
| пара промпрегрева                         | 3.6                           | 3.8                             | 3.9                           | 4.1                           | 3.8                       | 3.3                        | 3.7                             | 4.0/3.9**                   | 2.3                       | 2.6                        |
| Температура, °С: перегретого пара         | 545                           | 545                             | 545                           | 545                           | 545                       | 545                        | 545                             | 545                         | 545                       | 545                        |
| пара промпрегрева                         | 542                           | 542                             | 542                           | 542                           | 545                       | 545                        | 542                             | 542                         | 545                       | 545                        |
| питательной воды                          | 275                           | 271                             | 272                           | 275                           | 272                       | 65                         | 270                             | 275                         | 247                       | 242                        |
| ухложащих газов                           | 140                           | 157                             | 171                           | 134                           | 153                       | 119*                       | 175/145                         | —                           | 170                       | 173                        |
| КПД (брутто) гарантийный,                 | 91                            | 90,5 ± 0,5                      | 88 ± 0,5                      | 91,5 ± 0,3                    | 89,5 ± 0,5                | 93,9*                      | 88,8/90**                       | 93,4/90,7                   | 85                        | 83,5 ± 0,5                 |
| Компоновка котла                          | Т-образная                    |                                 |                               |                               |                           |                            |                                 |                             |                           |                            |
| Размеры кот. ячейки, м:                   | 24                            | 36                              | 72                            | 72                            | 72                        | 24/96**                    | 36,0                            | 54                          | 36                        | 41                         |
| Ширина                                    | 33                            | 24                              | 30                            | 33                            | 30                        | 20                         | 24,0                            | 72                          | 24                        | 17                         |
| Глубина                                   |                               |                                 |                               |                               |                           |                            |                                 |                             |                           |                            |

\* Режим автономный

\*\* В числителе ширина одного корпуса, в знаменателе – ячейки.

\*\*\* В числителе данные при сжигании угля, в знаменателе – газа.

\*<sup>4</sup> В числителе автономный режим, в знаменателе – режим МГД

### 3.3. Производственное объединение «Сибэнергомаш» (г. Барнаул)

Производственное объединение «Сибэнергомаш» изготавливает барабанные котлы с естественной циркуляцией паропроизводительностью от 160 т/ч до 500 т/ч (табл. 7) как с промперегревом, так и без него.

Котлы с промперегревом имеют производительность 670 т/ч и более, а без него от 160 до 500 т/ч. Модели котлов производственного объединения «Сибэнергомаш» предназначены для сжигания большой гаммы топлив, в основном углей Казахстана, Сибири и Дальнего Востока. Это различные бурые и каменные угли, газ, мазут, торф.

Котлы нескольких типоразмеров производятся на экспорт и предназначены для сжигания лигнитов и низкосортного бурого угля. Несмотря на большое разнообразие топлив котлы объединения в значительной степени унифицированы. Все котлы – однобарабанные, как правило, имеют П-образную компоновку. Экономайзеры выполнены однотипными. Одинаковую конструкцию имеют и трубчатые воздухоподогреватели. Конвективная шахта котлов, имеющих трубчатый воздухоподогреватель, выполняется по однотипной конструкции в газоплотном исполнении. Газоплотность конвективной шахты образуется благодаря установке кубов экономайзера и воздухоподогревателя друг на друга и приварке одного к другому.

Газомазутные котлы укомплектованы регенеративными воздухоподогревателями, поставляемыми производственным объединением «Красный котельщик». Регенеративные воздухоподогреватели вынесены за пределы котла.

Топочная камера котлов производственного объединения «Сибэнергомаш» выполнена в газоплотном исполнении из мембранных цельносварных панелей, выполненных из гладких труб с вваркой полосы.

Как правило, котлы объединения, сжигающие твердое топливо, имеют твердое шлакоудаление. Только котел Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140-ПТ-2) имеет жидкое шлакоудаление; топка его полукрытого типа с восьмигранным предтопком.

Экспортные котлы по требованию заказчика в ряде случаев выполнены в башенной компоновке. Однако конструкция этих котлов максимально унифицирована с другими. Все котлы ПО «Сибэнергомаш» спроектированы с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла.

Котлы снабжены необходимой арматурой, устройствами очистки поверхностей нагрева, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации, тепловой защитой технологических процессов. Основное вспомогательное оборудование, комплектующее котел, изготавливается российскими заводами тяжелого машиностроения. Так, оборудование пылеприготовления изготавливает Сызранский трубостроительный завод, исключение составляют котлы, поставляемые на экспорт. Тягодутьевое оборудование производит производственное объединение «Сибэнергомаш». Средства очистки поверхностей нагрева (обдувочные аппараты) – завод «Ильмарине».

Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования приведен в табл. 8.

Таблица 7

Технические характеристики котлов производственного объединения «Сибэнергомаш»

|                                                                                      |                                  |                                    |                                   |                               |                                      |                                   |                                   |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Наименование                                                                         | Ел-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140) | Ел-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3) | Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1) | Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-) | Е-420-13,8-860 БЖ (БКЗ-420-140-ПТ-2) | Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5) | Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7) | Е-320-13,8-560 БТ (БКЗ-320-140-6) |
| 1                                                                                    | 2                                | 3                                  | 4                                 | 5                             | 6                                    | 7                                 | 8                                 | 9                                 |
| Год выпуска головного                                                                | 1988                             | 1989                               | 1981                              | 1973                          | 1977                                 | 1976                              | 1978                              | 1982/1983                         |
| Вид топлива                                                                          | Индийские каменные угли          | Лучегорский бурый уголь            | Березовский бурый уголь           | Газ, мазут                    | Ирша-бородинский бурый уголь         | Экибастузский каменный уголь      | Райчихинский бурый уголь          | Каменный уголь, фре-зерный торф   |
| Номинальная паропро-изводительность, т/ч                                             | 690                              | 670                                | 500                               | 420                           | 420                                  | 420                               | 420                               | 320                               |
| Расход пара через пром-пароперегреватель, т/ч                                        | 590                              | 560                                | —                                 | —                             | —                                    | —                                 | —                                 | —                                 |
| Давление на выходе, МПа: перегретого пара пара промперегрева                         | 13,8<br>2,5                      | 13,8<br>2,5                        | 13,8<br>—                         | 13,8<br>—                     | 13,8<br>—                            | 13,8<br>—                         | 13,8<br>—                         | 13,8<br>—                         |
| Температура, °С: перегретого пара пара промперегрева питательной воды уходящих газов | 540<br>540<br>248<br>137         | 545<br>545<br>245<br>151           | 560<br>—<br>230<br>167            | 560<br>—<br>230<br>109/147*   | 560<br>—<br>210<br>147               | 560<br>—<br>230<br>132            | 560<br>—<br>210<br>143            | 560<br>—<br>230<br>142/165**      |
| КПД (брутто), %                                                                      | 91,4                             | 89                                 | 90                                | 94/93*                        | 91                                   | 91                                | 91                                | 91/87                             |
| Компоновка котла                                                                     | П-образная                       |                                    |                                   |                               |                                      |                                   |                                   |                                   |
| Габаритные размеры, м: глубина ширина                                                | 81,1<br>60                       | 54<br>48                           | 45<br>36                          | 36<br>24                      | 36<br>30                             | 39<br>24                          | П-образная                        |                                   |
|                                                                                      |                                  |                                    |                                   |                               |                                      |                                   | 36<br>30                          | 24<br>36                          |

Окончание табл. 7

| Наименование                            | Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140-ГМ8) | Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9) | Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ 320-100-11с) | Е-220-9,8-540 БТ (БКЗ-220-100-12с) | Е-220-9,8-640 Г (БКЗ-220-100-Г1) | Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9) | Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100-ГМ-4) | Е-160-2,4-250 ГМ (ТТМЕ-187) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1                                       | 10                                  | 11                                | 12                                 | 13                                 | 14                               | 15                                 | 16                                  | 17                          |
| Год выпуска                             | 1984                                | 1984                              | 1982                               | 1988                               | 1989                             | 1982                               | 1991                                | 1983                        |
| Вид топлива                             | Газ, мазут                          | Ташкумьрский каменный уголь       | Лигниты Болгарии                   | Бурый уголь Болгарии               | Доменный коксовый природный газ  | Райчихинский бурый уголь           | Газ, мазут                          | Газ, мазут                  |
| Номинальная паропроизводительность, т/ч | 320                                 | 220                               | 220                                | 220                                | 220                              | 210                                | 160                                 | 160                         |
| Наличие промпрегрева                    | —                                   | —                                 | —                                  | —                                  | —                                | —                                  | —                                   | —                           |
| Давление на выходе, МПа:                |                                     |                                   |                                    |                                    |                                  |                                    |                                     |                             |
| Перегретого пара                        | 13,8                                | 9,8                               | 9,8                                | 9,8                                | 9,8                              | 13,8                               | 9,8                                 | 2,4; 1,4                    |
| пара промпрегрева                       | —                                   | —                                 | —                                  | —                                  | —                                | —                                  | —                                   | —                           |
| Температура, °С:                        |                                     |                                   |                                    |                                    |                                  |                                    |                                     |                             |
| перегретого пара                        | 560                                 | 540                               | 540                                | 540                                | 540                              | 560                                | 540                                 | 250; 300                    |
| пара промпрегрева                       | —                                   | —                                 | —                                  | —                                  | —                                | —                                  | —                                   | —                           |
| питательной воды                        | 230                                 | 215                               | 218                                | 218                                | 215                              | 230                                | 215                                 | 145                         |
| уходящих газов                          | 117/152*                            | 240                               | 169                                | 170                                | 158/143***                       | 140                                | 125/149*                            | 124/193*                    |
| КПД (брутто), %                         | 94/93*                              | 91,36                             | 89                                 | 87,5                               | 91/93,8***                       | 91,0                               | 94/93*                              | 93/92,5*                    |
| Компоновка котла                        | П-образная                          | Башенная                          | Башенная                           | Башенная                           | П-образная                       | П-образная                         | П-образная                          | П-образная                  |
| Габаритные размеры, м:                  |                                     |                                   |                                    |                                    |                                  |                                    |                                     |                             |
| глубина                                 | 24                                  | 30                                | 24                                 | 21,6                               | 30                               | 30                                 | —                                   | —                           |
| ширина                                  | 24                                  | 24                                | 30                                 | 30                                 | 40                               | 40                                 | —                                   | —                           |

\* В числителе данные при сжигании газа, в знаменателе — мазута

\*\* В числителе данные при сжигании каменного угля, в знаменателе — торфа

\*\*\* В числителе данные при сжигании 10 %-ного доменного газа, в знаменателе — 90 % природного газа



Таблица 8

**Перечень основного котельно-вспомогательного оборудования  
паровых котлов с естественной циркуляцией ПО "Сибэнергомаш"**

|                                                                  |                                  |                                    |                                   |                                         |                                      |                                   |                                   |                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Наименование                                                     | Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140) | Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3) | Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1) | Е-420-13,8-560- ГМН (БКЗ-420-140-НГМ-4) | Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140-ПТ-2) | Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5) | Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7) | Е-320-13,8-560 КТ/ДТ (БКЗ 320-140-6)                                                                                  |
| 1                                                                | 2                                | 3                                  | 4                                 | 5                                       | 6                                    | 7                                 | 8                                 | 9                                                                                                                     |
| Вид топлива                                                      | Индийский каменный уголь         | Лучегорский бурый уголь            | Березовский бурый уголь           | Газ, мазут                              | Иршабородинский бурый уголь          | Экибастузский каменный уголь      | Райчихинский бурый уголь          | Каменный уголь марки Д, фрезерный торф                                                                                |
| Система пылеприготовления                                        | Прямое вдувание                  | Прямое вдувание                    | Прямое вдувание                   | —                                       | С пром бункером                      | Прямое вдувание                   | Прямое вдувание                   | Прямое вдувание                                                                                                       |
| Тип мелющего устройства (число, шт.), мощность привода, кВт      | ХРР-803 (6)                      | МВ-3300/800/490 (2) 800            | МВ-2700/650/590 (4) 630           | —                                       | ММТ-2000/2590/730 (2) 800            | ММТ-2000/2590/730К (4) 800        | ММТ-1500/2510/740М (4) 400        | ММТ-2000/2510/730 с центробежным сепаратором (4) 400<br>630<br>ММТ-1500/2510/750 с гравитационным сепаратором (4) 400 |
| Тип мельничного вентиллятора, (число шт.), мощность привода, кВт | Поставка заказчика (6)           | —                                  | —                                 | —                                       | ВМ-18А (2) 500                       | —                                 | —                                 | —                                                                                                                     |

Продолжение табл. 8

| Наименование                                                                     | Ел-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)            | Ел-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)          | Е-500-13,8-560 ВТ (БКЗ-500-140-1) | Е-420-13,8-560-ГМН (БКЗ-420-140) | Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140-ПГ-2) | Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)           | Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)   | Е-320-13,8-560 КТ/ДТ (БКЗ-320-140-6) |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                                                                                | 2                                           | 3                                           | 4                                 | 5                                | 6                                    | 7                                           | 8                                   | 9                                    |
| Тип дымососа (число, шт.),<br>мощность привода (установленная), кВт              | ДОД-28,5 (2)<br>1250                        | ДОД-28,5 (2)<br>1600                        | ДН-26Х2-0,62 (2)<br>1000          | ДОД-28,5 (1)<br>1280             | ДН-26Х2-0,62 (2)<br>800              | ДН-24Х2-0,62 (2)<br>1000/500                | ДН-24Х2-0,62 (2)<br>630/320         | ДН-26Х2-0,62 (2)<br>800              |
| Тип дутьевого вентилятора (число, шт.),<br>мощность привода (установленная), кВт | ВДН-32Б (2)<br>1000/500                     | ВДН-28 (2)<br>1000/500                      | ВДН-26 (2)<br>630/352             | ВДН-25Х2 (1)<br>1600/685         | ДН-26 ГМ (2)<br>630                  | ДН-26 ГМ (2)<br>630/320                     | ДН-26 ГМ (2)<br>630/320             | ВДН-20 (2)<br>400/170                |
| Тип вентилятора горячего дутья (число, шт.),<br>мощность привода, кВт            | —                                           | —                                           | —                                 | —                                | —                                    | ВГДН-15 (4)<br>200                          | ВГДН-21 (4)<br>400                  | ВГДН-17 (4)<br>315                   |
| Тип дымососа рециркуляции (число, шт.),<br>мощность привода, кВт                 | ДН-21М (2)<br>400                           | —                                           | ДН-17 (1)<br>500                  | ВГДН-17 (2)<br>315               | ДН-12,5 (2)<br>175                   | —                                           | —                                   | ДН-17 (1)<br>160                     |
| Тип золоулавливающих устройств (число, шт)                                       | Электро-фильтры поставки заказчика (4)      | Скрубберы Ø 7000 с трубами Вентури (2)      | Электро-фильтр ЭГА-2-76-12-6-4    | —                                | БУ системы «Энерго-уголь» (1 компл.) | МВ-УО ОРГ-РЭС с трубами Вентури, (1 компл.) | МС-ВТИ с трубами Вентури (1 компл.) | Двухступенчатое БЦ-512               |
| Тип устройства шлакоудаления                                                     | Механизированное шнекового типа с дробилкой | Механизированное шнекового типа с дробилкой | Механизированное                  | —                                | Механизированное                     | Механизированное                            | Механизированное                    | Механизированное шнекового типа      |

Окончание табл. 8

| Наименование                                                       | Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140-ГМ8 и | Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9) | Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ-220-100-11С) | Е-220-9,8-540 БТ (БКЗ-220-100-12С) | Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100-Г1)   | Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9) | Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100-ГМ-4) | Е-160-2,4 250 ГМ (ТГМЕ-187) |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1                                                                  | 10                                   | 11                                | 12                                 | 13                                 | 14                                 | 15                                 | 16                                  | 17                          |
| Вид топлива                                                        | Газ, мазут                           | Каменный уголь                    | Болгарские лигниты                 | Бурый уголь Болгарии               | Коксовый, доменный, природный газы | Каменный уголь                     | Газ, мазут                          | Газ, мазут                  |
| Система пылеприготовления                                          | —                                    | Прямое вдувание                   | Прямое вдувание                    | Прямое вдувание                    | —                                  | С промбункером                     | —                                   | —                           |
| Тип мелющего устройства (число шт.), мощность привода, кВт         | —                                    | ММТ-1500/2510 (2) 400             | ВМВ-60,1 (4) 630                   | ВМС-25,75 (4) 400                  | —                                  | ШБМ-287/410 (2) 400                | —                                   | —                           |
| Тип мельничного вентилятора (число шт.), мощность привода, кВт     | —                                    | —                                 | —                                  | —                                  | —                                  | ВМ-17 (2) 250                      | —                                   | —                           |
| Тип дымососа (число, шт.), мощность привода, кВт                   | ДН-24Х2-0,62 ГМ (2) 400              | ДН-22Х2-0,62 400                  | ДН-26Х2-0,62 (2) 425               | ДН-26 (2) 272                      | ДА-20х2у (2) 585                   | ДН-22Х2-0,62 (2) 400               | ДН-22Х2-0,62 ГМ (1) 400             | ДН-22Х2-0,62 ГМ (1) 100     |
| Тип дутьевого вентилятора (число, шт.), мощность привода, кВт      | ВДН-20 (2) 400                       | ВДН-18 (2) 200                    | ДН-21 (2) 239                      | ВДН-20 (2) 170                     | ВДН-20 (2) 178                     | ВДН-18 (2) 146                     | ВДН-20 П (1) 170                    | ВДН-20 (1) 198              |
| Тип вентилятора горячего дутья (число, шт.), мощность привода, кВт | —                                    | ВГДН-15 (2) 200                   | —                                  | —                                  | —                                  | ВВСМ-24 (2) 110                    | —                                   | —                           |
| Тип дымососа рециркуляции (число, шт.), мощность привода, кВт      | ВГДН-17 (2) 200                      | —                                 | —                                  | —                                  | ВГДН-15 (2) 67                     | —                                  | ВГДН-17 (1) 200                     | —                           |

#### **4. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК»**

##### **4.1. Котел Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202)**

Котел Пп-3950-25-545/642 ГМН (ТГМП-1202) предназначен для работы на высоко-сернистом мазуте (основное топливо) и природном газе (резервное топливо) в блоке с турбиной мощностью 1200 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара с промперегревом, одно-корпусный, выполнен по закрытой П-образной компоновке (рис. 40, 41).

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении по осям труб топка имеет размеры 10,26х30,95 м. Котел рассчитан на работу под наддувом.

В нижней части топочной камеры на фронтальной и задней стенках в три яруса размещены 56 комбинированных вихревых газомазутных горелок (по 28 горелок с каждой стороны). Конструкция горелок разработана с учетом сжигания мазута при низких избытках воздуха.

В нижнюю часть топочной камеры с целью снижения максимального теплонапряжения и уменьшения опасности высокотемпературной коррозии экранов вводятся газы рециркуляции.

Рециркуляция дымовых газов вводится также и в верхнюю часть топочной камеры с целью выравнивания тепловых потоков по периметру топки. Газы на рециркуляцию отбираются за водяным экономайзером.

Топочная камера, потолок, стены горизонтального и опускного газоходов экранированы цельносварными экранами, изготовленными из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 46 мм.

Цельносварные экраны топочной камеры разделены по высоте на три радиационные части: нижнюю (НРЧ), среднюю (СРЧ) и верхнюю (ВРЧ). НРЧ выполнена двухходовой с байпасом первого хода, СРЧ и ВРЧ – одноходовые. Одноходовым выполнен и экран потолка горизонтального и опускного газоходов.

Задний экран ВРЧ образует в верхней части топочной камеры аэродинамический выступ, защищающий ширмы от прямого излучения из топочной камеры.

На выходе из топочной камеры расположен вертикальный ширмовый перегреватель высокого давления, выполненный из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ). За ширмами установлены вертикально расположенные первая и вторая ступени конвективного пароперегревателя высокого давления, первая состоит из труб Ø 42х7 мм (сталь 12Х1МФ), а вторая – из труб того же диаметра и толщины стенки, но из стали 12Х18Н12Т и является выходной ступенью пароперегревателя. Далее в горизонтальном газоходе расположена выходная ступень промперегревателя, выполнена из труб Ø 60х5 мм, (сталь 12Х18Н12Т).

Места прохода змеевиков ширмовых пароперегревателей через цельносварные ограждения котла закрыты специальными уплотнениями.

С целью обеспечения плотности потолок котла закрыт «теплым ящиком», в который подается горячий воздух под давлением, превышающим давление в газоходе котла.

В конвективном (опускном) газоходе последовательно расположены входная ступень промпароперегревателя, выполненная из труб Ø 50х4 мм (сталь 12Х1МФ), и водяной экономайзер из труб Ø 32х6мм (сталь 20).

Среда высокого давления от входа в котел и выхода из него движется двумя перемешивающимися потоками, каждый из которых перед ширмами разделяется на два подпотока с автономным регулированием температуры пара. Температуру пара высокого давления регулируется впрыском питательной воды перед ширмами и второй ступенью конвективного пароперегревателя.

Тракт промперегревателя четырехпоточный от входа до выхода. Регулирование температуры промперегрева производится рециркуляцией дымовых газов и впрыском конденсата.

Для регулирования температуры пара высокого давления и промперегревателя в период растопки за котлом установлены пусковые пароохладители.

Для обеспечения пусковых режимов в каждом потоке высокого давления котла установлен встроенный растопочный узел с центробежными сепараторами и соответствующим набором арматуры.

Котел оснащен насосами рециркуляции среды для работы при сниженных нагрузках.

Водяной экономайзер мембранного типа состоит из змеевиков Ø 32х6 мм из стали 20, к которым сверху и снизу приварена полоса 32х3 мм из стали 20.

Для подогрева воздуха в котле предусмотрены три регенеративных вращающихся воздухоподогреватели, которые вынесены за пределы котла. Диаметр ротора воздухоподогревателя составляет 14,5 м, выполнен из стали 08кп.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию толщиной 160 мм, обшитую сверху металлическим листом.

Котел подвешивается к конструкции здания, в связи с чем собственный несущий каркас отсутствует. Предусмотрен обвязывающий каркас, воспринимающий усилия от наддува, а также от системы помостов и лестниц для обслуживания агрегата.

Для очистки поверхностей нагрева от загрязнения предусмотрены длинновыдвижные обдувочные аппараты в горизонтальном газоходе, дробеструйная установка в опускном газоходе, паровая обмывка и водяная обмывка регенеративного воздухоподогревателя.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта труб всех поверхностей нагрева.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч       | 3950       |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч      | 3240       |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):    |            |
| на выходе пароперегревателя высокого давления | 25,0 (265) |
| промперегревателя:                            |            |
| на входе                                      | 3,9 (40)   |
| на выходе                                     | 3,7 (37,5) |
| Температура, °С:                              |            |
| на выходе пара высокого давления              | 545        |
| пара промперегрева:                           |            |
| на входе                                      | 290        |
| на выходе                                     | 542        |
| питательной воды                              | 270        |
| уходящих газов                                | 142        |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %      |            |
| расчетный                                     | 93,45      |
| гарантийный                                   | 93,3       |
| Расход топлива (мазута), т/ч:                 |            |
| натурального                                  | 284,7      |

|                                                                      |                    |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|
| условного                                                            | 379,5              |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм. вод. ст:       |                    |
| газовой                                                              | 463,8              |
| воздушной                                                            | 606,2              |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                      | 2528               |
| Температура воздуха до калориферов, °С                               | 40                 |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/м <sup>2</sup> ч | $8,4 \cdot 10^5$   |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/м <sup>3</sup> ч    | $205,5 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                | 12900              |
| Габаритные размеры ячейки по осям, м:                                |                    |
| ширина                                                               | 72                 |
| глубина                                                              | 44                 |

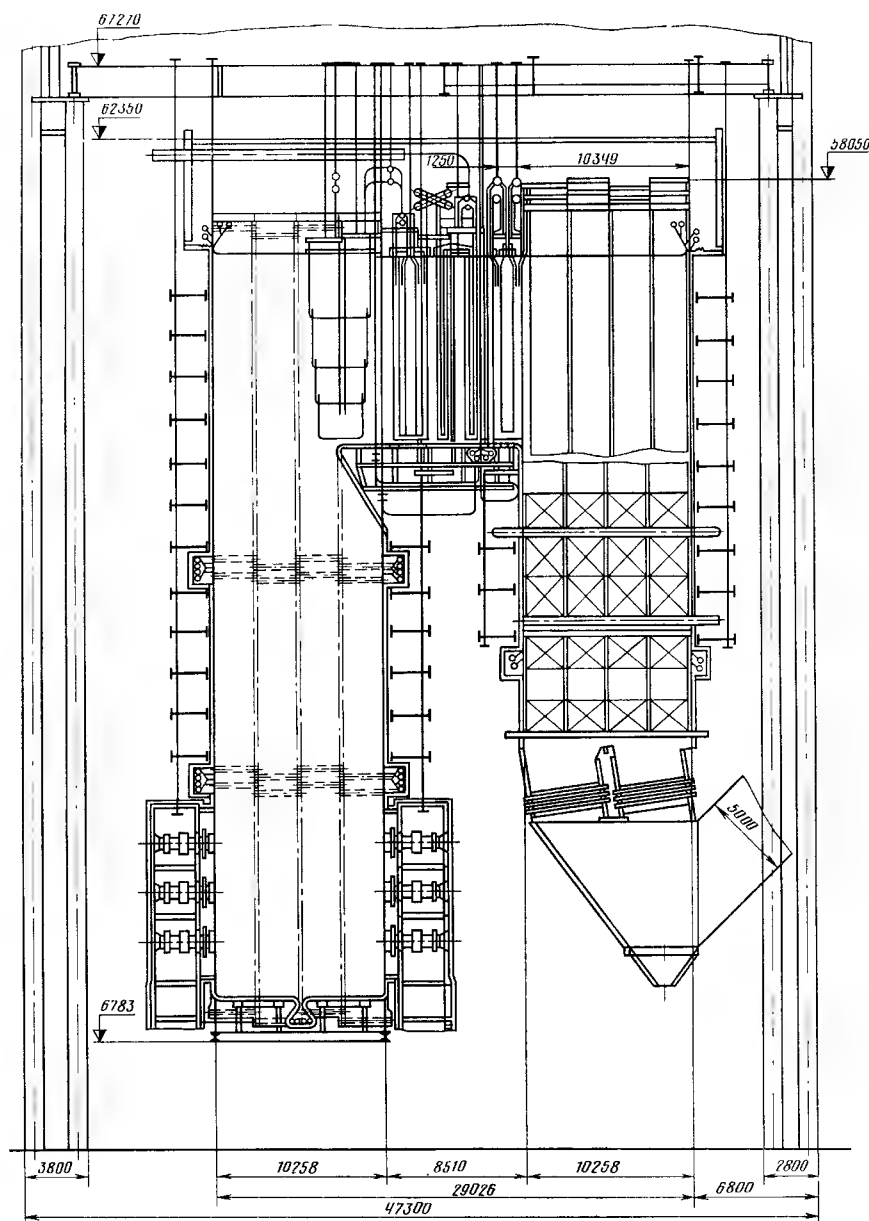


Рис. 40. Продольный разрез котла Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202)

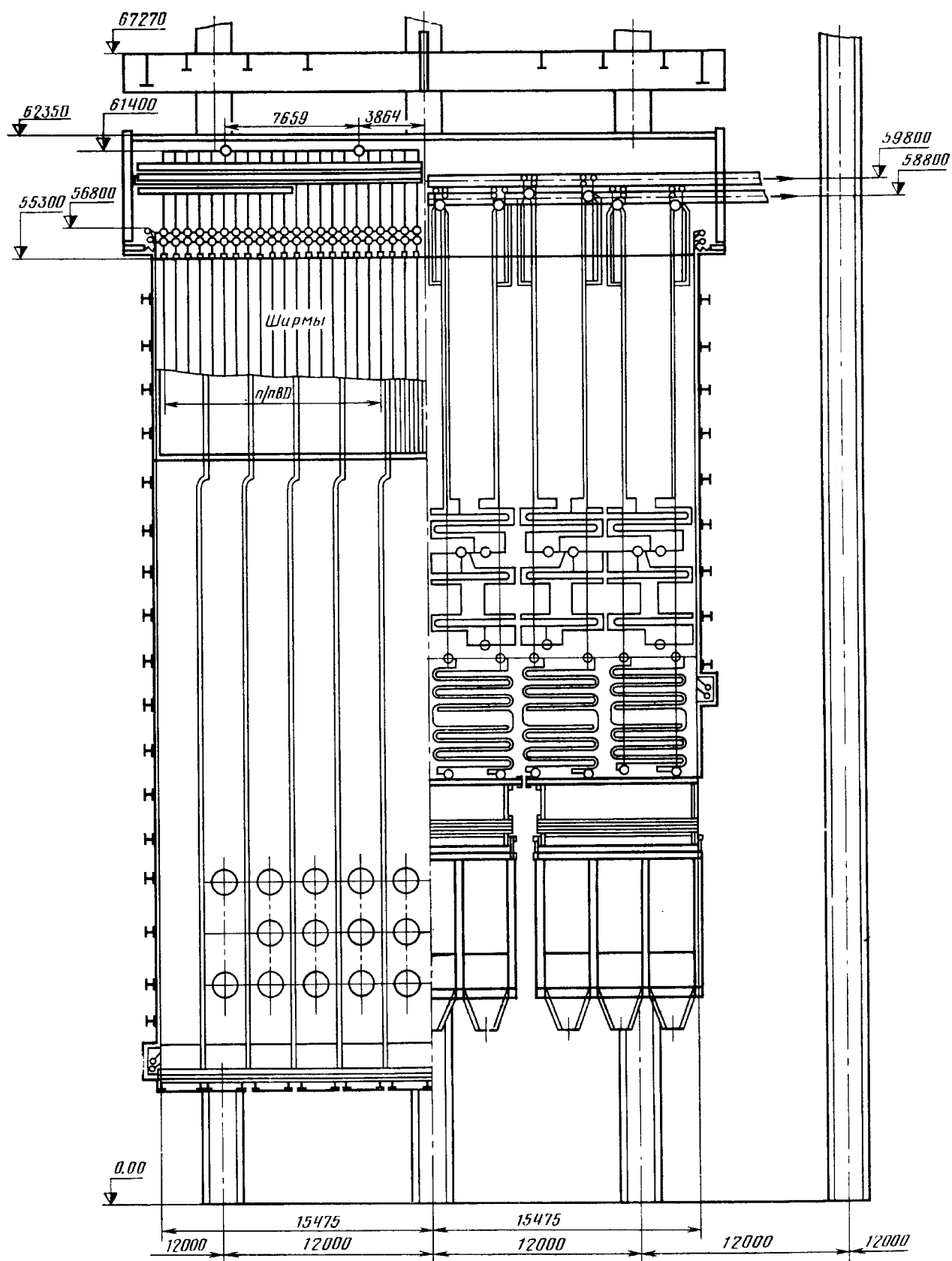


Рис. 41. Поперечный разрез котла Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202)

|                                                                                                         |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                      | 71   |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                   | 4    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                         | 85   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                         | 0,32 |

#### 4.2. Котел Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ)

Котел Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ) предназначен для работы на высокосернистом мазуте и природном газе в блоке с одновальной турбиной мощностью 800 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара с промежуточным перегревом пара, однокорпусный, выполнен по закрытой П-образной компоновке (рис. 42, 43).

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка имеет размеры по осям труб 10,26х20,66 м.

Котел рассчитан на работу под наддувом и с уравновешенной тягой.

В нижней части топочной камеры на фронтальной и задней стенах в три яруса размещены 36 комбинированных вихревых газомазутных горелок (по 18 горелок с каждой стороны). Расстояние между ярусами составляет 3 м.

Конструкция горелок разработана с учетом сжигания топлива (мазута) при низких коэффициентах избытка воздуха.

В нижнюю часть топочной камеры с целью снижения максимального уровня теплонапряжения и уменьшения опасности высокотемпературной коррозии экранов вводятся газы рециркуляции. Газы на рециркуляцию отбираются перед воздухоподогревателем. Топочная камера, потолок горизонтального и опускного газоходов экранированы цельносварными мембранными панелями, сваренными из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 46 мм.

Цельносварные экраны топочной камеры разделены по высоте на три радиационные части: НРЧ, СРЧ и ВРЧ. НРЧ выполнена двухходовой с байпасом первого хода, СРЧ – двухходовой, ВРЧ – одноходовой. Одноходовыми выполнены также экраны потолка горизонтального и опускного газоходов.

Задний экран ВРЧ образует в верхней части топочной камеры аэродинамический выступ, защищающий ширмы от прямого излучения из топочной камеры.

На выходе из топочной камеры расположен вертикальный ширмовый пароперегреватель высокого давления, выполненный из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ). За ширмами по ходу газов установлены первая и вторая ступени пароперегревателя высокого давления. Обе ступени вертикальные, выполнены из труб Ø 42х7 мм, причем первая ступень – из стали 12Х1МФ, а вторая – из стали 12Х18Н12Т.

Далее в горизонтальном газоходе расположена выходная ступень промежуточного пароперегревателя, выполненная из труб Ø 60х5 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Места прохода змеевиков ширм пароперегревателя через цельносварные экраны котла закрыты специальными уплотнениями.

С целью обеспечения плотности потолок котла закрыт «теплым ящиком», в который подается горячий воздух под давлением, превышающим давление в газоходах котла.

В конвективном (опускном) газоходе последовательно расположены промежуточная и входная ступени промперегревателя, выполненные из труб Ø 50х4 мм (сталь 12Х1МФ) и



водяной экономайзер  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20).

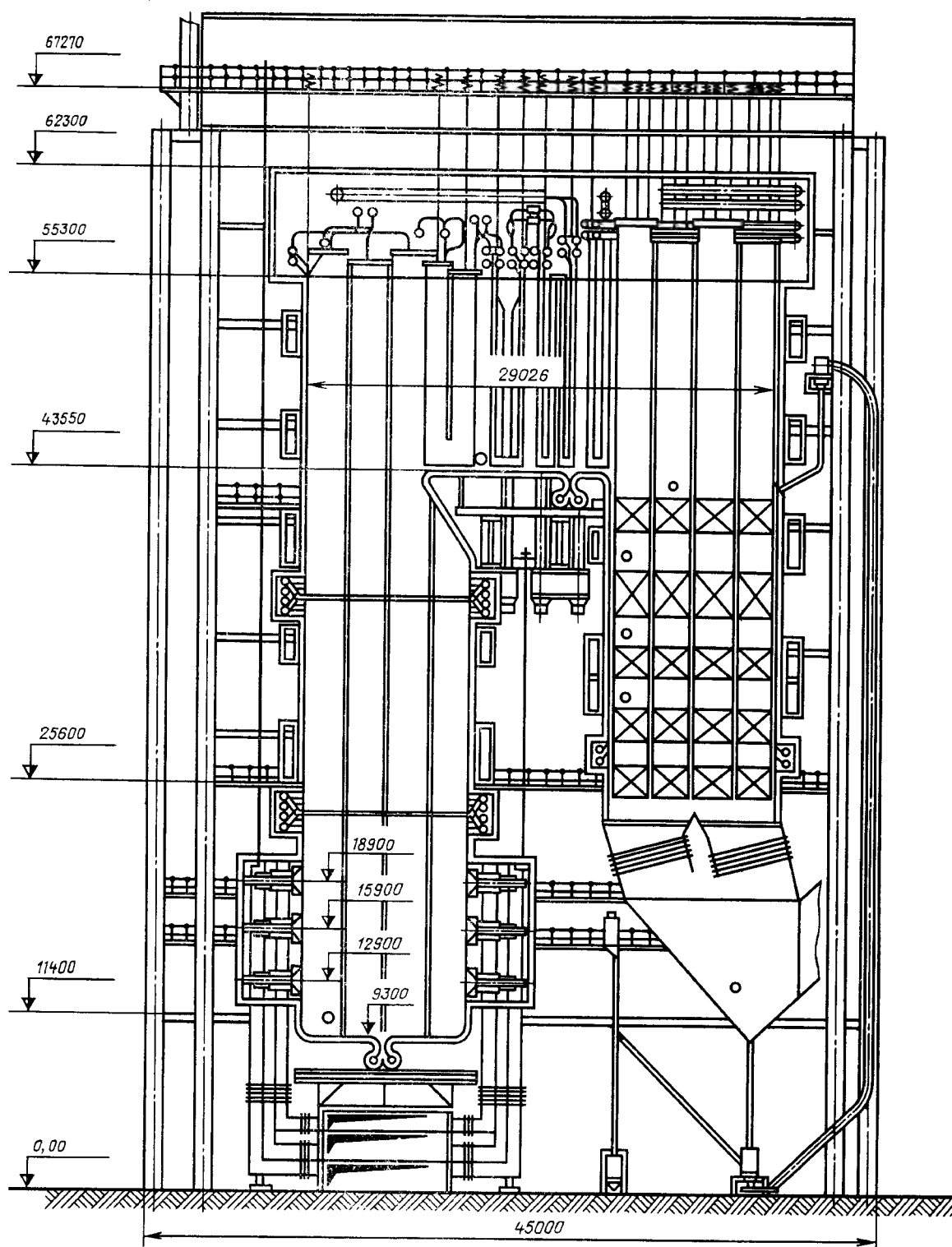


Рис. 42. Продольный разрез котла Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ)

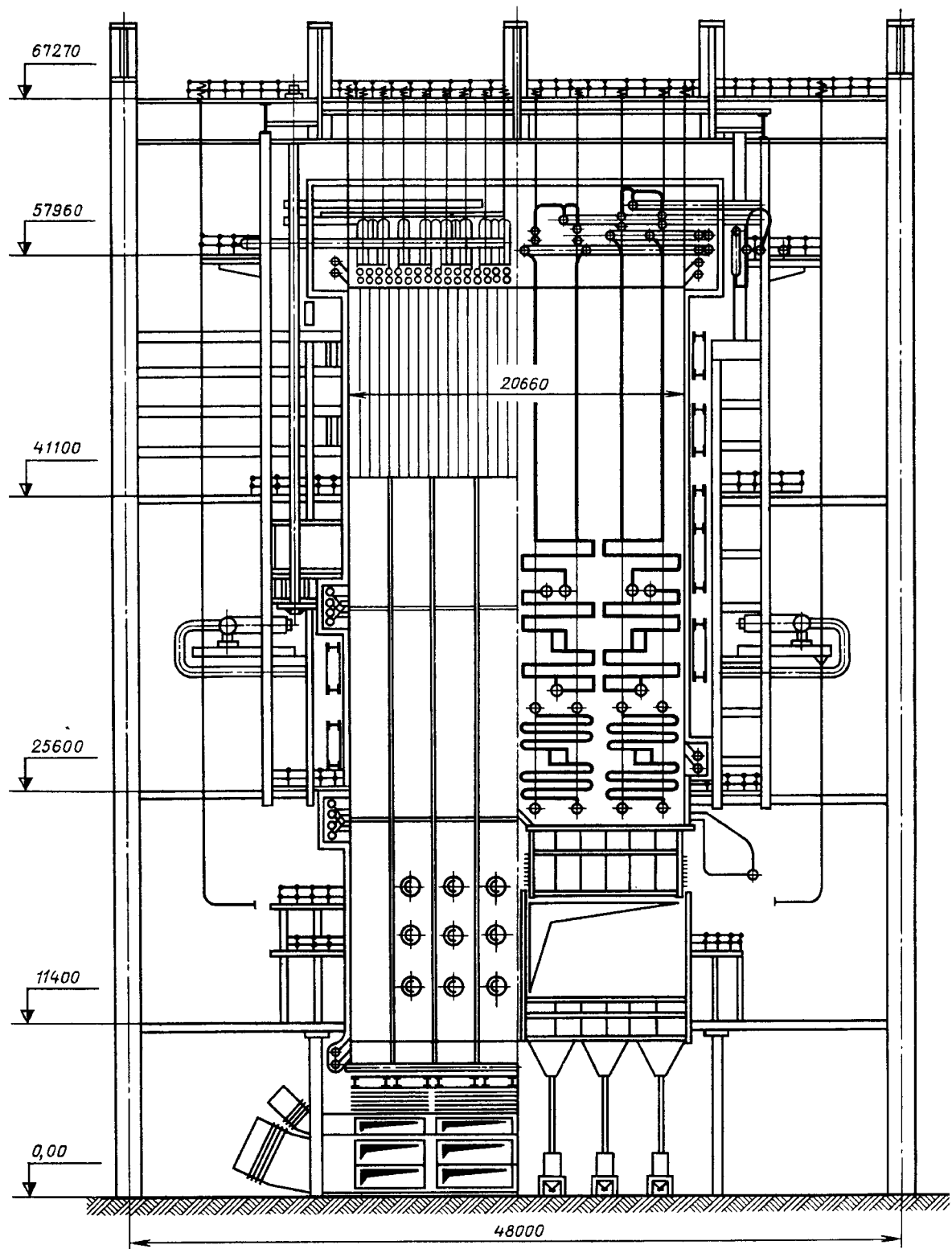


Рис. 43. Поперечный разрез котла Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ)

Среда высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя перемешивающимися потоками, каждый из которых перед ширмами разделяется на два подпотока с автономным регулированием температуры пара.

Температура пара высокого давления регулируется впрысками питательной воды перед ширмами и второй ступенью конвективного пароперегревателя.

Тракт промперегревателя двухпоточный. Внутри каждого из потоков в необходимых точках осуществляется полное перемешивание среды.

Регулирование температуры промперегрева производится рециркуляцией дымовых газов, подаваемых в нижнюю часть топочной камеры через горелки, и впрыском конденсата. С этой целью перед выходной ступенью промперегревателя установлен аварийный впрыскивающий пароохладитель.

Для обеспечения пускосбросных режимов в каждом потоке пара высокого давления установлен растопочный узел с встроенными центробежными сепараторами и с соответствующим набором арматуры.

Для регулирования температуры пара в период растопки за котлом установлены пусковые впрыскивающие пароохладители.

Водяной экономайзер мембранного типа выполнен из змеевиков Ø 32x3 мм из стали 20.

Подогрев воздуха, в котле осуществляется двумя регенеративными вращающимися воздухоподогревателями диаметром 14,5 м, которые выполнены из стали 08кп и вынесены за пределы котельной.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию толщиной 160 мм, обшитую снаружи металлическим листом толщиной 1 мм.

Котел подвешивается к конструкции здания, в связи с чем собственный несущий каркас отсутствует. Предусмотрен обвязочный каркас (пояс жесткости), обеспечивающий жесткость экранной системы и воспринимающий нагрузку от системы помостов и лестниц для обслуживания котла.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Для очистки наружных поверхностей нагрева от загрязнения предусмотрены длинновыдвижные обдувочные аппараты в горизонтальном газоходе, дробеструйная установка в опускном газоходе, паровая обдувка и водяная обмывка регенеративного воздухоподогревателя.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами, средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч          | 2650        |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч         | 2180        |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):       |             |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления | 25,0 (255)  |
| промперегревателя:                               |             |
| на входе                                         | 3,99 (40,7) |
| на выходе                                        | 3,74 (38,2) |
| Температура, °С:                                 |             |
| на выходе пара высокого давления                 | 545         |
| пара промперегрева:                              |             |
| на входе                                         | 290         |
| на выходе                                        | 542         |
| питательной воды                                 | 277         |
| уходящих газов                                   | 149,5       |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:        |             |
| расчетный                                        | 95          |
| гарантийный                                      | 93,3        |

|                                                                                                         |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Расход топлива:                                                                                         |                    |
| натурального, м/ч                                                                                       | $209 \cdot 10^3$   |
| условного, т/ч                                                                                          | 251,6              |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст:                                           |                    |
| газовой                                                                                                 | 475,7              |
| воздушной                                                                                               | 537,7              |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                         | 1685               |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                  | 40                 |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                 | $8,53 \cdot 10^6$  |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                    | $204,2 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                   | 8850               |
| Габаритные размеры котельной ячейки по осям, м:                                                         |                    |
| ширина                                                                                                  | 72                 |
| глубина                                                                                                 | 45                 |
| Высота до верхней хребтовой балки, м                                                                    | 72,27              |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                   | 4                  |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                         | 85                 |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                         | 0,32               |

#### 4.3. Котел Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ)

Котел Пп-2650-25-545/542ГМ (ТГМП-806ХЛ) предназначен для работы на природном газе и мазуте в блоке с одновальной турбиной мощностью 800 МВт.

Котел прямоточный на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, П-образной компоновки (рис. 44).

Котел газоплотный, рассчитан на работу с уравновешенной тягой в районах Крайнего Севера.

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка имеет размеры по осям труб 20,66х10,6 м.

В нижней части топочной камеры на фронтальной и задней стенах в три яруса размещены 36 газомазутных вихревых горелок (по 18 горелок с каждой стороны), установленных в общем коробе. Расстояние между ярусами составляет 3 м.

Конструкция горелок разработана с учетом сжигания топлива при низких коэффициентах избытка, воздуха.

В нижней части топочной камеры с целью снижения максимального уровня теплонапряжения и уменьшения опасности высокотемпературной коррозии экранов вводятся газы рециркуляции. Газы на рециркуляцию отбираются перед воздухоподогревателем.

Для снижения концентрации окислов азота в дымовых газах применено ступенчатое сжигание газа. Это достигается возможностью подачи части воздуха в топочную камеру через шестнадцать сопел вторичного дутья, расположенных выше верхнего яруса горелок, а также регулированием расхода газа по горелкам разных ярусов клапанами, установленными на газопроводах, идущих к ярусам горелок.

Котел состоит из топочной камеры, опускающего газохода, соединенных в верхней части переходным газоходом, и отдельно расположенных регенеративных вращающихся воздухоподогревателей.

Топочная камера, стены переходного газохода и конвективной шахты экранированы газоплотными панелями плавниковых труб Ø 32х6 мм и шагом 46 мм (сталь 12Х1МФ).

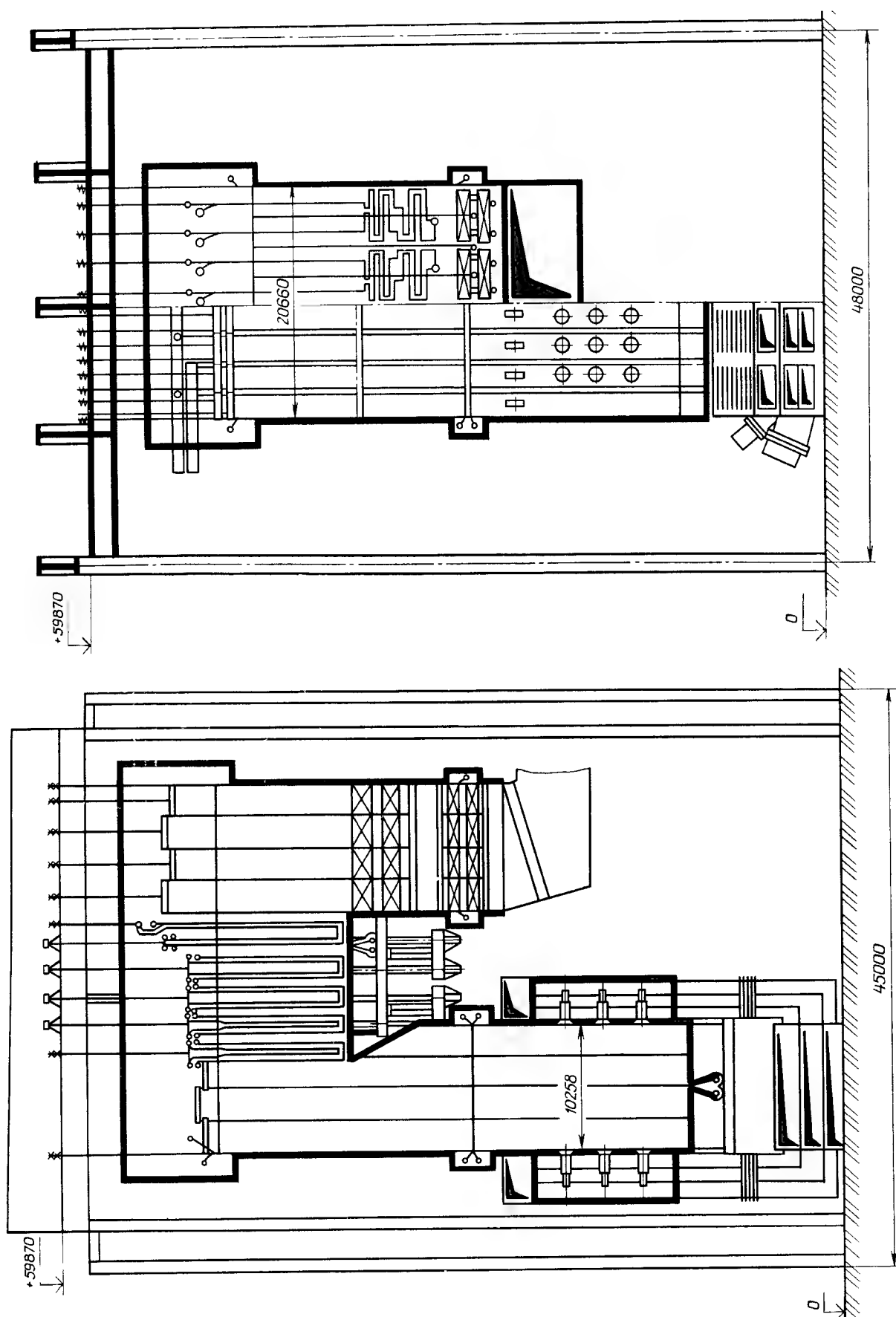


Рис. 44. Продольный и поперечный разрезы котла Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ)

Цельносварные экраны топочной камеры разделены по высоте на три радиационные части: НРЧ, СРЧ и ВРЧ. Задний экран ВРЧ образует в верхней части выступ, защищающий ширмы от прямого излучения из топочной камеры. На выходе из топочной камеры расположен вертикальный ширмовый пароперегреватель высокого давления, выполненный из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ). За ширмами в горизонтальном газоходе размещены (по ходу газов) конвективный пароперегреватель высокого давления первой, второй, третьей и четвертой ступеней из следующих труб: первой и второй ступени  $\varnothing 36 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ); третьей ступени –  $\varnothing 36 \times 5$  мм (сталь 12Х18Н12Т) и четвертой –  $\varnothing 36 \times 6$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

Затем расположена третья ступень конвективного пароперегревателя низкого давления, выполненного из труб диаметром  $60 \times 5$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

В опускном газоходе размещены по ходу газа вторая и первая ступени конвективного пароперегревателя низкого давления, выполненные из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ) и водяной экономайзер из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20).

Среда высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя непрерывно перемешивающимися потоками, каждый из которых перед конвективным пакетом разделяется на два подпотока с автономным регулированием температуры пара.

Температура пара высокого давления регулируется двумя впрысками питательной воды перед первой и четвертой ступенями конвективного пароперегревателя высокого давления.

Тракт промпароперегревателя состоит из четырех подпотоков. Регулирование температуры пара низкого давления осуществляется рециркуляцией дымовых газов, подаваемых в нижнюю часть топочной камеры, а также впрыском питательной воды в пароохладитель, установленный на входе в конвективный пакет пароперегревателя низкого давления и в рассечке между второй и третьей ступенями пароперегревателя.

Для обеспечения пускосбросных режимов в каждом потоке пара высокого давления после конвективного пароперегревателя предусмотрен растопочный узел с встроенными центробежными сепараторами и соответствующим набором арматуры.

Для регулирования температуры пара в период растопки за котлом в паропроводах высокого и низкого давления установлены пусковые впрыскивающие пароохладители.

Водяной экономайзер мембранного типа выполнен из змеевиков  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20), к которым сверху и снизу приварены полосы  $32 \times 3$  мм из стали 20.

Подогрев воздуха в котле осуществляется двумя регенеративными вращающимися воздухоподогревателями (РВП-14) диаметром 14,5 м, выполненными из стали 08кп и вынесенными за пределы котельной.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию (холсты из супертонкого волокна) толщиной 160 мм с коэффициентом уплотнения 3,25, обшитую снаружи металлическим листом толщиной 1 мм.

Котел подвесной конструкции. Все поверхности нагрева, изоляция, площадки обслуживания, общие горелочные короба и другие элементы котла с помощью тяг, металлоконструкций потолка и хребтовых балок крепятся на элементы каркаса здания.

По всему периметру газоплотных ограждений расположены пояса жесткости, выполненные в виде ферм.

Места прохода змеевиков ширм пароперегревателя через цельносварные экраны котла закрыты специальными уплотнениями. С целью обеспечения плотности потолок котла закрыт «теплым ящиком», в который подается горячий воздух.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Для очистки наружных поверхностей нагрева от золошлаковых загрязнений предусмотрены длинновыдвижные обдувочные аппараты в горизонтальном газоходе, дробеструйная установка в опускном газоходе, паровые обдувки и водяная обмывка регенератив-

ного воздухоподогревателя.

Котел снабжен необходимой арматурой, установками отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами, средствами автоматизации тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                                                                         |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                 | 2650                  |
| Расход вторичного пара, т/ч                                                                             | 2186                  |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                              |                       |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                                                        | 25 (255)              |
| промперегрева:                                                                                          |                       |
| на входе                                                                                                | 3,72 (38)             |
| на выходе                                                                                               | 3,48 (35,5)           |
| Температура, °С:                                                                                        |                       |
| пара высокого давления на выходе                                                                        | 545                   |
| пара промперегрева:                                                                                     |                       |
| на входе                                                                                                | 291                   |
| на выходе                                                                                               | 542                   |
| питательной воды                                                                                        | 275                   |
| уходящих газов                                                                                          | 149 (на газе)         |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                               |                       |
| расчетный                                                                                               | 95,3                  |
| гарантийный                                                                                             | 94,6                  |
| Расход топлива:                                                                                         |                       |
| натурального газа, м <sup>3</sup> /ч                                                                    | 209,3·10 <sup>3</sup> |
| условного, т/ч                                                                                          | 251,6                 |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                          |                       |
| газовой                                                                                                 | 413,2                 |
| воздушной                                                                                               | 512,1                 |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                         | 1685                  |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                  | 40                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/м <sup>3</sup> ·ч                                   | 8,3·10 <sup>6</sup>   |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал (м <sup>3</sup> ·ч)                                    | 256·10 <sup>3</sup>   |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                   | 6838                  |
| Габаритные размеры котельной ячейки по осям, м:                                                         |                       |
| ширина                                                                                                  | 72                    |
| глубина                                                                                                 | 45                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                      | 64,1                  |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                   |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                   | 4                     |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                         | 85                    |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                         | 0,14                  |

#### 4.4. Котел Пп-2650-25-545/542 Г (ТГП-805СЗ)

Котел Пп-2650-25-545/542Г (ТГП-805СЗ) предназначен для работы на природном газе в блоке одновальной турбиной мощностью 800 МВт.

Котел прямоточный на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, выполнен по закрытой П-образной компоновке (рис. 45).

Котел газоплотный, рассчитан на работу с уравновешенной тягой в районах с сейсмичностью до 5 баллов.

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка имеет размеры по осям труб 20,66x10,26 м.

В нижней части топочной камеры на фронтальной задней стенках в три яруса размещены 36 газовых горелок (по 18 горелок с каждой стороны), установленных в общем коробе. Расстояние между ярусами составляет 3 м.

Конструкция горелок разработана с учетом сжигания топлива при низких коэффициентах избытка воздуха.

В нижнюю часть топочной камеры с целью снижения максимального уровня теплонапряжения и уменьшения опасности высокотемпературной коррозии экранов вводятся газы рециркуляции. Газы на циркуляцию отбираются перед воздухоподогревателем.

Для снижения концентрации окислов азота в дымовых газах применено ступенчатое сжигание газов. Это достигается возможностью подачи части воздуха в топочную камеру через шестнадцать сопел вторичного дутья, расположенных выше верхнего корпуса горелок, а также регулированием расхода газов по горелкам разных ярусов клапанами, установленными на газопроводах, идущих к ярусам горелок. Кроме того, предусмотрена возможность снижения концентрации вредных выбросов путем впрыска воды в ядро горения.

Котел состоит из топочной камеры, опускающего газохода, соединенных в верхней части переходным газоходом, и отдельно расположенных регенеративных вращающихся воздухоподогревателей.

Топочная камера, стены переходного газохода и конвективной шахты экранированы газоплотными панелями из плавниковых труб Ø 32x6 мм с шагом 46 мм (сталь 12X1МФ).

Цельносварные экраны топочной камеры разделены по высоте на три радиационные части: НРЧ, СРЧ и ВРЧ.

НРЧ выполнена двухходовой с байпасом первого хода, СРЧ – двухходовой, ВРЧ – одноходовой. Одноходовыми выполнены также экраны потолка горизонтального и опускающего газоходов. Задний экран ВРЧ образует в верхней части выступ, защищающий ширмы от прямого излучения из топочной камеры.

На выходе из топочной камеры расположен вертикальный ширмовый пароперегреватель высокого давления, выполненный из труб Ø 32x6 мм (сталь 12X1МФ). За ширмами в горизонтальном газоходе по ходу газов размещены конвективный пароперегреватель высокого давления (первой, второй, третьей и четвертой ступеней).

Первая и вторая ступени выполнены из труб Ø 36x6 мм (сталь 12X1МФ), третья ступень – Ø 36x5 мм (сталь 12X18Н12Т) и четвертая ступень – Ø 36x6 мм (сталь 12X18Н12Т).

Затем расположена третья ступень конвективного пароперегревателя низкого давления, изготовленного из труб Ø 60x5 мм (сталь 12X18Н12Т).

В опускающем газоходе по ходу газа размещены вторая и первая ступени конвективного пароперегревателя низкого давления, выполненные из труб Ø 50x4 мм (сталь 12X1МФ) и водяной экономайзер из труб Ø 32x6 мм (сталь 20).

Среда высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя непрерывно движущимися потоками, каждый из которых перед конвективным пакетом разделяется на два подпотока с автономным регулированием температуры пара.

Температура пара высокого давления регулируется двумя впрысками питательной воды перед первой и четвертой ступенями конвективного пароперегревателя высокого давления.



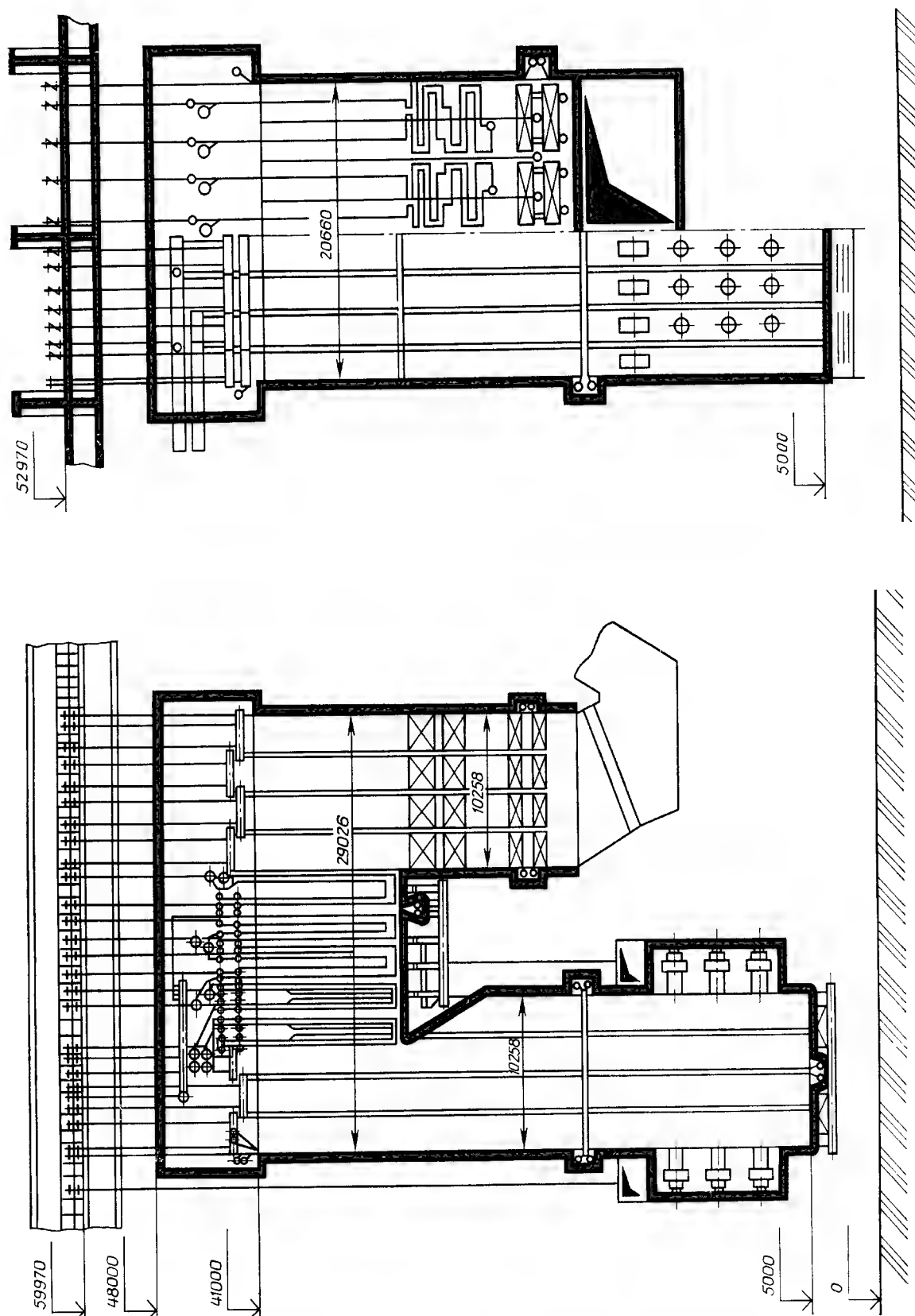


Рис. 45. Продольный и поперечный разрез котла Пп-2650-25-545/542 Г (ТГП-805 С3)

Тракт промперегревателя выполнен четырьмя подпотоками. Температура пара низкого давления регулируется рециркуляцией дымовых газов, подаваемых в нижнюю часть топочной камеры, а также впрыском питательной воды в пароохладитель, установленный на входе в конвективный пакет пароперегревателя низкого давления и в расщепке между второй и третьей ступенями пароперегревателя.

Для обеспечения пускосбросных режимов в каждом потоке пара высокого давления после конвективного пароперегревателя установлен растопочный узел с встроенными центробежными сепараторами и с соответствующим набором арматуры.

Для регулирования температуры пара в период растопки за котлом в паропроводах высокого и низкого давления установлены пусковые впрыскивающие пароохладители.

Водяной экономайзер мембранного типа, состоит из змеевиков Ø 32х6 мм (сталь 20), к которым сверху и снизу приварены полосы 32х3 мм (стали 20).

Подогрев воздуха в котле осуществляется двумя регенеративными вращающимися воздухоподогревателями РВП-14 диаметром 14,5 м, выполненными из стали 08кп и вынесенными за пределы котельной.

Обмуровка котла представляет собой патрубковую изоляцию (холсты из супертонкого волокна) толщиной 160 мм с коэффициентом уплотнения 3,25, обшитую снаружи металлическим листом толщиной 1 мм.

Котел подвесной конструкции. Все поверхности нагрева, изоляция, площадки обслуживания, горелочные короба и другие элементы котла с помощью тяг, металлоконструкций потолка и хребтовых балок крепятся на элементы каркаса здания.

По всему периметру газоплотных ограждений расположены пояса жесткости, выполненные в виде ферм.

Места прохода змеевиков ширм пароперегревателя через цельносварные экраны котла закрыты специальными уплотнениями. С целью обеспечения газоплотности, потолок котла закрыт «теплым ящиком», в который подается горячий воздух.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Для очистки наружных поверхностей нагрева от загрязнений предусмотрены длинновыдвижные обдувочные аппараты в горизонтальном газоходе; дробеструйная установка в опускном газоходе; паровые обдувки и водяная обмывка регенеративного воздухоподогревателя.

Котел снабжен необходимой арматурой, установками отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами, средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч          | 2650        |
| Расход вторичного пара, т/ч                      | 2186        |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):       |             |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления | 25 (255)    |
| промперегрева:                                   |             |
| на входе                                         | 3,72 (38)   |
| на выходе                                        | 3,48 (35,5) |
| Температура, °С                                  |             |
| на выходе пара высокого давления                 | 545         |
| пара промперегрева:                              |             |
| на входе                                         | 291         |
| на выходе                                        | 542         |

|                                                                                                         |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| питательной воды                                                                                        | 275                   |
| уходящих газов                                                                                          | 145 (на га-<br>зе)    |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                               |                       |
| расчетный                                                                                               | 94,8                  |
| гарантийный                                                                                             | 94,6                  |
| Расход топлива:                                                                                         |                       |
| натурального (газа), м <sup>2</sup> /ч                                                                  | 202,2·10 <sup>3</sup> |
| условного, т/ч                                                                                          | 250,2                 |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                          |                       |
| газовой                                                                                                 | 422,8                 |
| воздушной                                                                                               | 522                   |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                         | 1665                  |
| Температура воздуха до калорифера, °С                                                                   | 44                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                 | 8,3·10 <sup>8</sup>   |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                    | 256,5·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                   | 6838                  |
| Размеры котельной ячейки по осям, м:                                                                    |                       |
| ширина                                                                                                  | 72                    |
| глубина                                                                                                 | 42                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                      | 53                    |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                   |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                   | 4                     |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                         | 85                    |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                         | 0,11                  |

#### 4.5. Котел Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804)

Котел Пп-2650-25-545/542КТ (ТПП-804) предназначен для работы на каменных углях Донецкого и Кузнецкого бассейнов в блоке с одновальной турбиной мощностью 800 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, выполненный по Т-образной компоновке с твердым шлакоудалением, газоплотный с разряжением (рис. 46, 47).

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении по осям труб топка имеет размеры 30,89х15,52 мм.

Все стены топки ограждены унифицированными по ширине газоплотными панелями из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) и шагом 46 мм.

Топочные панели делятся на четыре хода.

В нижней части топочной камеры на фронтальной и задней стенках топки, в два яруса размещены 24 плоскофакельные горелки. Расстояние между ярусами составляет 5 м.

В нижней и верхней частях топки предусмотрена рециркуляция дымовых газов.

В горизонтальных переходных газоходах последовательно по ходу газов расположены две ступени ширмового пароперегревателя: выходная ступень конвективного пароперегревателя высокого давления и выходная ступень конвективного пароперегревателя низкого давлений. В опускных газоходах размещены промежуточная и входная части пароперегревателя низкого давления и водяной экономайзер.

Пароперегреватель высокого давления и выходная ступень пароперегревателя низ-

кого давления выполнены с коридорным расположением труб.

Ширмовый пароперегреватель состоит из труб  $\varnothing 42 \times 7$  мм (сталь 12X18H12T и 12X1МФ).

Выходная ступень конвективного пароперегревателя высокого давления выполнена из труб  $\varnothing 42 \times 7$  мм (сталь 12X18H12T), а вторая ступень (выходная ступень пароперегревателя низкого давления) – из труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм (сталь 12X18H12T). Змеевики конвективного пароперегревателя первой ступени (входная ступень пароперегревателя низкого давления) выполняются в шахматном порядке из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12X1МФ).

Водяной экономайзер выполнен из четырехзаходных змеевиков с шахматным расположением труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20).

Места прохода змеевиков ширм пароперегревателей через цельносварные экраны закрыты специальными уплотнителями.

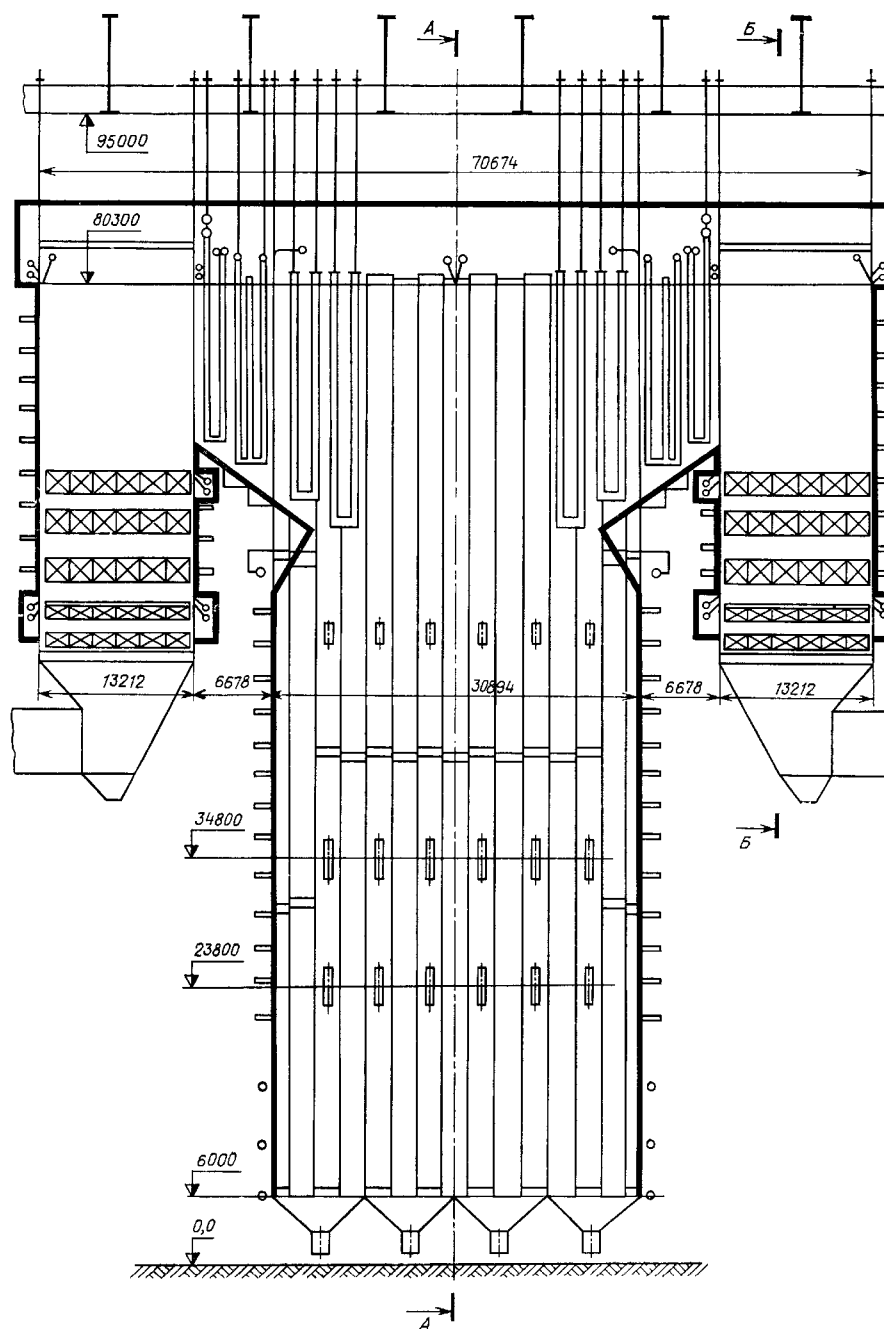


Рис. 46. Продольный разрез котла Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804)

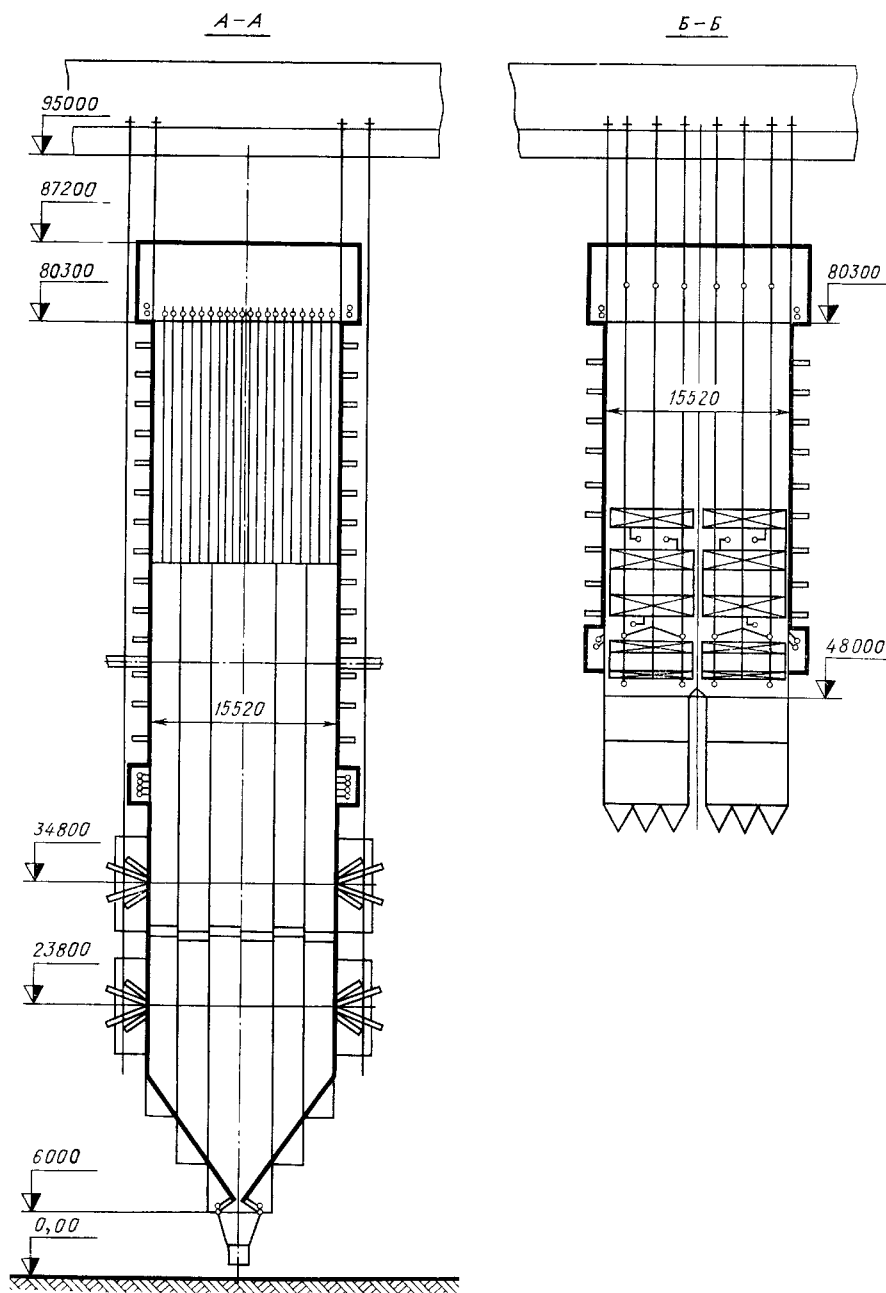


Рис. 47. Поперечный разрез котла Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804)

С целью обеспечения плотности потолок котла закрыт «теплым ящиком».

Для подогрева воздуха на котле применены три регенеративных вращающихся воздухоподогревателя диаметром 14,5 м с вертикальным расположением вала, вынесенных за пределы котельной.

Среда в водяном тракте до встроенной задвижки движется двумя независимо регулируемым потоками, после встроенной задвижки в паровом тракте – четырьмя несмешивающимися потоками. На выходе из котла четыре потока пара высокого давления объединяются в два.

Регулирование температуры перегрева пара производится впрыском собственного конденсата.

Тракт промперегрева имеет четыре самостоятельных потока пара с автономным ре-

гулированием.

Температура промперегрева регулируется изменением расхода дымовых газов при рециркуляции и впрыском воды.

Для обеспечения пускосбросных режимов в каждом из двух потоков пара высокого давления установлен встроенный растопочный узел с центробежными сепараторами с соответствующим набором арматуры.

Для регулирования температуры пара в период растопки за котлом установлены пусковые впрыскивающие пароохладители.

Обмуровка котла натрубная: на цельносварных панелях крепится натрубная изоляция, обшитая металлическими щитами.

Котел выполнен подвесным к конструкциям здания, в связи с чем собственный несущий каркас отсутствует. Предусмотрен обвязочный каркас (пояса жесткости), обеспечивающий жесткость экранной системы и воспринимающий нагрузку от системы помостов и лестниц для обслуживания котла.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева. Очистка поверхностей нагрева топочной камеры осуществляется маловыдвижными обдувочными аппаратами, в горизонтальных переходных газоходах – глубоководными обдувочными аппаратами, в конвективных шахтах – дробеструйная установка с пневматическим забрасывателем дроби.

Очистка регенеративного воздухоподогревателя производится паровой обдувкой и водяной обмывкой.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                  |             |
|--------------------------------------------------|-------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч          | 2650        |
| Расход вторичного пара, т/ч                      | 2186        |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):       |             |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления | 25 (255)    |
| промперегрева:                                   |             |
| на входе                                         | 3,7 (38)    |
| на выходе                                        | 3,48 (35,5) |
| Температура, °С                                  |             |
| на выходе пара высокого давления                 | 545         |
| пара промперегрева:                              |             |
| на входе                                         | 291         |
| на выходе                                        | 542         |
| питательной воды                                 | 275         |
| уходящих газов                                   | 132         |
| воздуха в воздухоподогревателе:                  |             |
| на входе                                         | 40          |
| на выходе                                        | 339         |
| газов в воздухоподогревателе:                    |             |
| на входе                                         | 390         |
| на выходе                                        | 132         |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:        |             |
| расчетный                                        | 93,85       |

|                                                                                                         |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| гарантийный                                                                                             | 92,4              |
| Расход топлива:                                                                                         |                   |
| натурального (газа), м <sup>2</sup> /ч                                                                  | 285,4             |
| условного, т/ч                                                                                          | 202,6             |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст:                                           |                   |
| газовой                                                                                                 | 406               |
| воздушной                                                                                               | 427               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                         | 1690              |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                 | $3,69 \cdot 10^6$ |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                    | $64,8 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                   | 27290             |
| Размеры котельной ячейки по осям, м:                                                                    |                   |
| ширина                                                                                                  | 84                |
| глубина                                                                                                 | 39                |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                      | 102,4             |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100               |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                   | 4                 |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                         | 85                |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                         | 0,85              |

#### **4.6. Паровые котлы Кп-1000-25-454/542 ГМН (ТГМП-344СО, ТГМП-344А, ТГМП-344АС, ТГМП-344АСО)**

Котлы Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344СО, ТГМП-344А, ТГМП-344АС, ТГМП-344АСО) спроектированы и изготовлены на базе котла ТГМП-344СО (см. рис. 48, 49).

Котлы этой группы предназначены для работы на высокосернистом мазуте и природном газе в блоке с одновальной турбиной мощностью 300 МВт.

Котлы устанавливаются следующим образом: ТГМП-344СО – открытая компоновка в сейсмичном районе до 7 баллов; ТГМП-344 А – закрытая компоновка в несейсмичных районах; ТГМП-344 АС – закрытая компоновка в районах с сейсмичностью 8–9 баллов; ТГМП-344 АСО – открытая компоновка в районах с сейсмичностью 7 баллов.

Котел прямоточный на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, выполнен по П-образной компоновке, газоплотный под разрежением.

Топочная камера призматическая, открытого типа, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка имеет размеры по осям труб 8,47х16,32 м.

В нижней части топочной камеры на фронтальной и задней стенках в два яруса установлены 16 комбинированных газомазутных горелок (по восемь на каждой стороне и по четыре в каждом ярусе). Расстояние между ярусами составляет 3,25 м.

Конструкция горелок разработана с учетом сжигания мазута при низких избытках воздуха.

В нижней части топочной камеры с целью снижения максимального уровня тепловых потоков в зоне максимального теплонапряжения и снижения опасности высокотемпературной коррозии экранов применяется рециркуляция газов. Газы на рециркуляцию отбираются перед воздухоподогревателем.

Топочная камера, потолок, горизонтальный и опускной газоходы экранированы цельносварными экранами, сваренными из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Цельносварные экраны топочной камеры разделены по высоте на четыре радиационные части: НРЧ, СРЧ и ВРЧ. Задний экран ВРЧ образует в верхней части топки аэродинамический выступ.

**Технические характеристики котлов серии Кп-1000-25**

Таблица 9

| Наименование показателей                                                                                                                 | Кп-1000-25-545/542 ГМН<br>(ГГМП-344СО) | Кп-1000-25-545/542 ГМ<br>(ГГМП-344А) | Кп-1000-25-545/542 ГМ<br>(ГГМП-344АС)                      | Кп-1000-25-545/542 ГМ<br>(ГГМП-344СО) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                                                  | 1000                                   | 1000                                 | 1000                                                       | 1000                                  |
| Расход пара через промпрегреватель, т/ч                                                                                                  | 790                                    | 800                                  | 790                                                        | 790                                   |
| Давление, МПа (кг/см <sup>2</sup> ):<br>острого пара<br>пара в промпрегревателе:<br>на входе<br>на выходе                                | 25 (255)<br>4,2 (43)<br>3,97(40,5)     | 25 (255)<br>4,0 (41)<br>3,77(38,5)   | 25 (255)<br>4,21 (43)<br>3,97(40,5)                        | 25 (255)<br>4,2 (43)<br>3,97(40,5)    |
| Температура, °С:<br>на выходе пара высокого давления<br>пара промпрегрева<br>на входе<br>на выходе<br>питательной воды<br>уходящих газов | 545<br>310<br>542<br>275<br>148        | 545<br>300<br>542<br>270<br>138      | 545<br>310<br>542<br>270<br>130                            | 545<br>310<br>542<br>270<br>130       |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:<br>расчетный<br>гарантийный                                                                    | 93,6<br>92                             | 93,77<br>93,3                        | 94,6/95,1*<br>93,7 94,8*                                   | 94,0<br>93,2                          |
| Расход топлива, т/ч:<br>натурального (газа – м <sup>3</sup> /ч)<br>условного                                                             | 69,7<br>94,1                           | 71,4<br>93,5                         | 67,6 78·10 <sup>-3</sup> *<br>91,9/91,7·10 <sup>-3</sup> * | 67,4<br>93,8                          |
| Аэродинамическое сопротивление, мм вод. ст.:<br>газовой<br>воздушной                                                                     | 389,8<br>439,9                         | 298,9<br>450,3                       | 278,2/313,1*<br>412/425,6*                                 | 384,9<br>432,6                        |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                                          | 620                                    | 620                                  | 620                                                        | 620                                   |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                                                   | 30                                     | 30                                   | 30                                                         | 30                                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топki, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                                                  | 4,83·10 <sup>6</sup>                   | 4,79·10 <sup>6</sup>                 | 4,9·10 <sup>6</sup>                                        | 4,76·10 <sup>6</sup>                  |
| Теплонапряжение топочного объема, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                                               | 176,7·10 <sup>3</sup>                  | 176,3·10 <sup>3</sup>                | 178·10 <sup>3</sup>                                        | 175,8·10 <sup>3</sup>                 |
| Объем топочной камеры, м                                                                                                                 | 3780                                   | 3780                                 | 3780                                                       | 3780                                  |
| Размеры ячейки по осям, м:<br>ширина<br>глубина                                                                                          | 48<br>42                               | 48<br>42                             | 48<br>42                                                   | 48<br>42                              |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                                       | 49,5                                   | 49,5                                 | 49,5                                                       | 49,5                                  |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с температурой 450 °С, тыс. ч                                                    | 100                                    | 100                                  | 100                                                        | 100                                   |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                                    | 4                                      | 4                                    | 4                                                          | 4                                     |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м                                                                       | 0,25                                   | 0,25                                 | 0,25                                                       | 0,25                                  |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                                           | 85                                     | 85                                   | 85                                                         | 85                                    |

\* В числителе данные при сжигании мазута, в знаменателе — газа



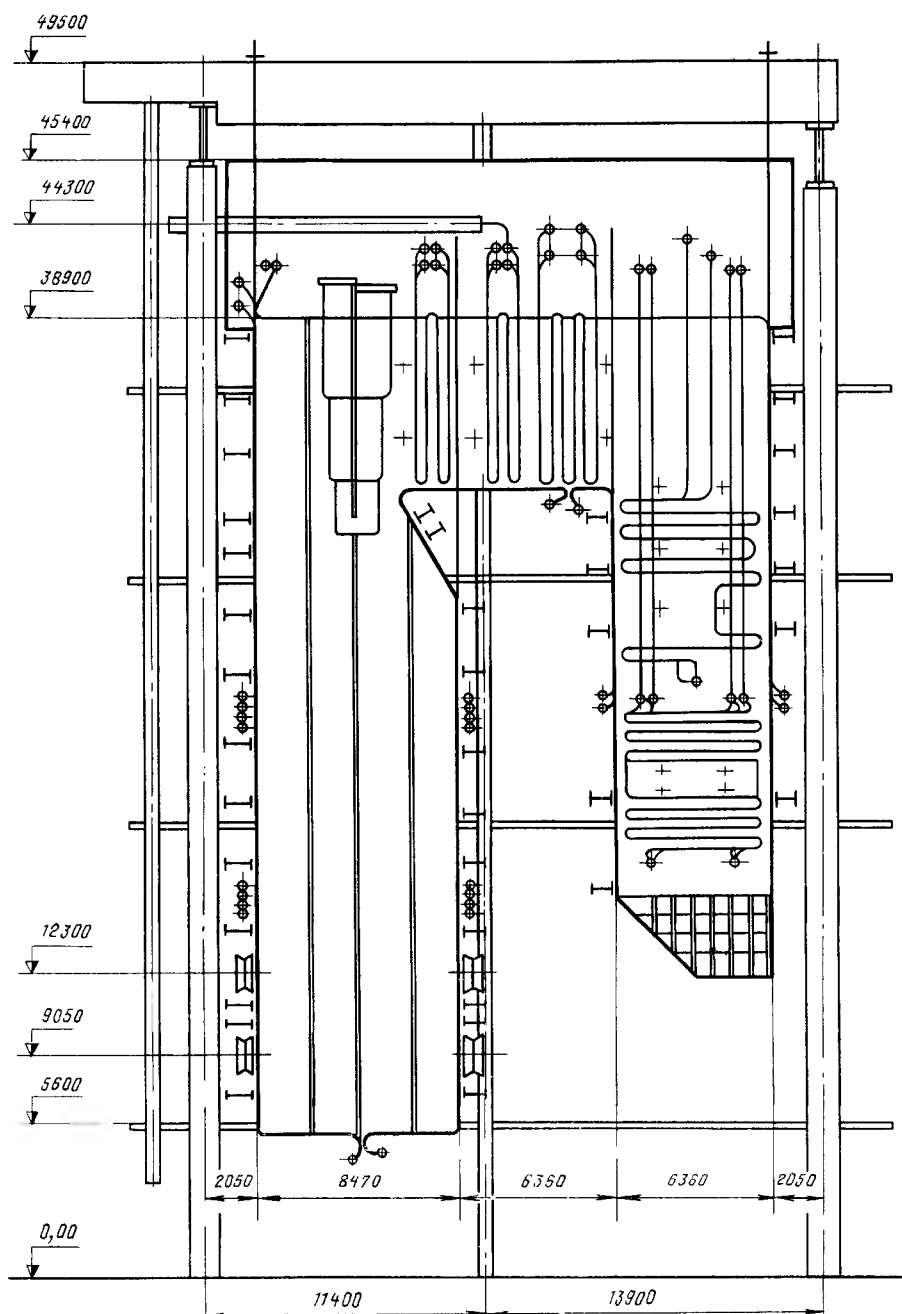


Рис. 48. Продольный разрез котла Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344СО)

На выходе из топочной камеры расположен вертикальный ширмовый перегреватель высокого давления из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ).

В переходном горизонтальном газоходе находятся первая и вторая части конвективного пароперегревателя высокого давления из труб  $\varnothing 42 \times 7$  мм (сталь 12Х1МФ и 12Х18Н12Т), а также выходная ступень промперегревателя из труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм (сталь 12Х18Н12Т и 12Х1МФ).

В конвективном (опускном) газоходе последовательно по ходу газов установлены конвективный промперегреватель первой ступени из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ) и водяной экономайзер из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20).

Потолок котла с целью обеспечения его плотности и уменьшения объема изоляции закрыт «теплым ящиком», в который подается горячий воздух под давлением, превышающим давление в газоходах котла.

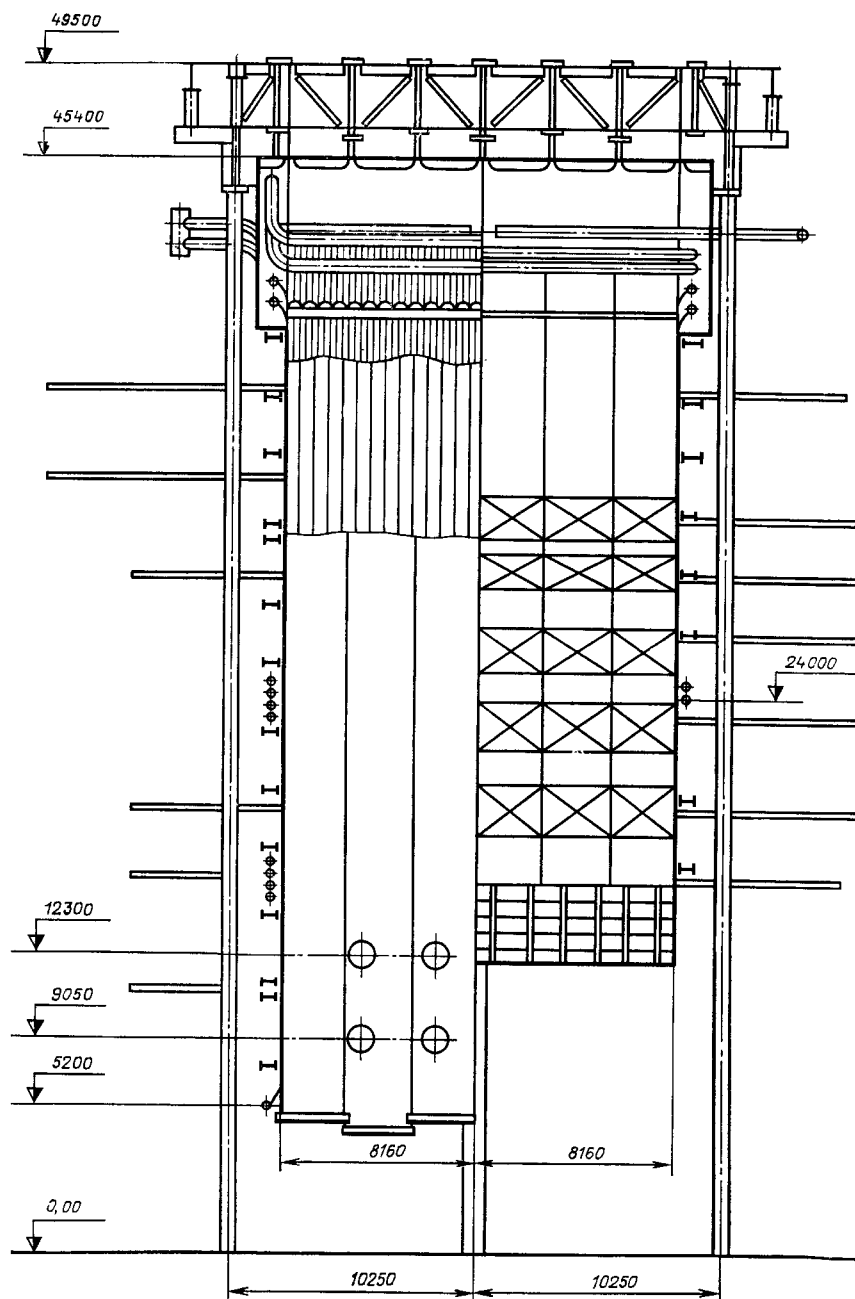


Рис. 49. Поперечный разрез котла Кп-1000-25-545/542 ГМН (ТГМП-344СО)

Среда высокого давления от входа в котел до пароперегревателя высокого давления движется одним потоком, а в пароперегревателе – двумя потоками. Предусмотрен последовательный переброс потоков. Регулирование температуры перегрева пара производится впрыском питательной воды.

Тракт промперегревателя двухпоточный от входа до выхода. Регулирование температуры пара промперегрева производится рециркуляцией дымовых газов и впрыском воды.

Для регулирования температуры пара высокого давления и промперегрева в период растопки за котлом установлены пусковые пароохладители. Для обеспечения пусковых режимов в котле установлены насосы рециркуляции среды.

Подогрев воздуха в котле производится двумя, регенеративными воздухоподогревателями диаметром 9,8 м, которые вынесены за пределы котельной.

Обмуровка котла натрубная: на цельносварные экраны нанесена изоляция толщиной 160 мм, поверх изоляции – обшивка металлическим листом.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева. Для очистки поверхностей нагрева от загрязнения предусмотрена паровая обдувка. Для очистки регенеративного воздухоподогревателя предусмотрены обмывка водой и обдувка паром.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

#### **4.7. Паровые котлы Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206, ТГМЕ-206ВСО, ТГМЕ-206ДВСО, ТГМЕ-206АСО, ТГМЕ-206 БСО, ТГМЕ-206ХЛ)**

Группа котлов Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206), Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206 ВСО), Еп-670-13,8-545 ГМ (ТГМЕ-206 ДВСО), Еп-670-13,8-545 ТМ (ТГМЕ-206АСО), Еп-670-13,8-545 ГМ (ТГМЕ-206 БСО) и Еп-670-13,8-545 ГМ (ТГМЕ-206 ХЛ) спроектирована и изготовлена на базе котла ТГМЕ-206 (рис. 50, 51).

В табл. 10 представлены показатели, характеризующие каждую модель.

Котлы этой группы предназначены для сжигания мазута и природного газа. Работают в блоке с одновальной паровой турбиной мощностью 210/180 МВт.

Котельный агрегат однобарабанный, однокорпусный, с естественной циркуляцией, на высокие параметры пара с промперегревом. Имеет П-образную открытую или закрытую компоновку.

Котлы названной группы имеют модификации с различным конструктивным решением ряда узлов, с учетом требований заказчика. Котлы выпускаются с учетом условий:

ТГМЕ-206 – для внутрироссийских поставок, открытая компоновка;

ТГМЕ-206 ВСО – для зарубежных поставок в сейсмичные районы, открытая компоновка;

ТГМЕ-206 ДВСО – для зарубежных поставок, в районы с сейсмичностью 7 баллов, открытая компоновка;

ТГМЕ-206 АСО – для зарубежных поставок, в районы с сейсмичностью 7 баллов, открытая компоновка.

ТГМЕ-206 БСО – для зарубежных поставок, в районы с сейсмичностью 7 баллов и большими ветровыми нагрузками, открытая компоновка;

ТГМЕ-206 ХЛ – для внутрироссийских поставок в районы с холодным климатом.

Котел газоплотный, рассчитан на работу под наддувом с низким избытком воздуха.

Топочная камера открытого типа, призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник размерами по осям труб 18х7,68 м.

Стены топки экранированы цельносварными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм и вваренной полосы размером 6х21,5 мм (сталь 20).

Под топочной камерой является началом фронтального экрана и имеет наклон 15° к горизонту в сторону задней стены. Для улучшения аэродинамических свойств в верхней части топки трубами заднего экрана образован выступ в сторону топки размером 2000 мм.

Топка оборудована 12 газомазутными горелками, расположенными в два яруса на задней стене. Горелки вихревые двухпоточные предназначены для раздельного сжигания газа и мазута. Расстояние между ярусами горелок составляет 2,6 м.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16 НГМА).

Таблица 10

**Технические характеристики котлов Еп-670-13,8-545 ГМН**

| Наименование показателей                                                                                                                           | ТГМЕ-206                               | ТГМЕ-206ХЛ                             | ТГМЕ-206ДВСО                           | ТГМЕ-206АСО                            | ТГМЕ-206БСО                          | ТГМЕ-206ВСО                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                                                            | 670                                    | 670                                    | 670                                    | 670                                    | 670                                  | 670                                    |
| Вид топлива:<br>основного<br>резервного                                                                                                            | Газ<br>Мазут                           | Газ<br>Мазут                           | Мазут<br>Газ                           | Газ, мазут<br>Нефть                    | Газ<br>Газойль                       | Газ<br>—                               |
| Наличие наддува                                                                                                                                    | Газоплотный<br>под наддувом            | Газоплотный<br>под наддувом            | Газоплотный<br>под разрежением         | Газоплотный<br>под разрежением         | Газоплотный<br>под разрежением       | Газоплотный<br>под разрежением         |
| Расход пара через промпрегреватель, т/ч                                                                                                            | 575                                    | 590                                    | 570                                    | 585                                    | 590                                  | 576                                    |
| Давление пара, МПа<br>(кгс/см <sup>2</sup> ):<br>на выходе из пароперегревателя<br>высокого давления<br>промпрегревателя:<br>на входе<br>на выходе | 13,8 (140)<br>2,7 (27,5)<br>2,5 (25,5) | 13,8 (140)<br>2,6 (26,5)<br>2,4 (24,5) | 13,8 (140)<br>2,7 (27,5)<br>2,5 (25,5) | 13,8 (140)<br>2,8 (28,4)<br>2,5 (25,9) | 13,8 (140)<br>2,7 (28)<br>2,5 (25,8) | 13,8 (140)<br>2,8 (28,3)<br>2,5 (26,1) |
| Температура, °С:<br>пара высокого давления<br>пара промпрегрева:<br>на входе<br>на выходе<br>питательной воды<br>уходящих газов                    | 545<br>333<br>545<br>240<br>121        | 545<br>333<br>545<br>240<br>128        | 545<br>333<br>545<br>247<br>161        | 545<br>333<br>545<br>248<br>120 173*   | 545<br>335<br>545<br>240<br>119      | 545<br>334<br>545<br>240<br>118        |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:<br>Расчетный<br>Гарантийный                                                                              | 94,4<br>94,4                           | 93,2<br>93,0                           | 93,2<br>93,0                           | 93,6 92,6<br>92,5 92,5                 | 93,2<br>92,5                         | 94,4<br>94,4                           |
| Расход топлива т/ч:<br>натурального (газа м <sup>3</sup> /ч)<br>условного                                                                          | 59,9·10 <sup>3</sup><br>67,4           | 54,3·10 <sup>3</sup><br>68,8           | 49,8<br>68,1                           | 50,9·10 <sup>3</sup> 49,4<br>68,9 69,5 | 54,3·10 <sup>3</sup><br>70,2         | 52,7·10 <sup>3</sup><br>69,4           |
| Аэродинамическое сопротивление тракта, мм вод. ст.:<br>газовой<br>воздушной                                                                        | 322,7<br>544,4                         | 324,7<br>436,4                         | 374,8<br>531                           | 385,1<br>497,9                         | 374,8<br>483,6                       | 352,4<br>515,2                         |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                                                    | 440                                    | 440                                    | 440                                    | 440                                    | 440                                  | 440                                    |
| Тепловое, напряжение поперечного сечения топki, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                                                           | 3,3·10 <sup>6</sup>                    | 3,4·10 <sup>6</sup>                    | 3,3·10 <sup>6</sup>                    | 3,4·10 <sup>6</sup>                    | 3,4·10 <sup>6</sup>                  | 3,4·10 <sup>6</sup>                    |
| Тепловое напряжение объема топki, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                                                         | 219·10 <sup>3</sup>                    | 225·10 <sup>3</sup>                    | 221·10 <sup>3</sup>                    | 225·10 <sup>3</sup>                    | 227·10 <sup>3</sup>                  | 223·10 <sup>3</sup>                    |
| Объем топочной камеры, м                                                                                                                           | 2160                                   | 2160                                   | 2160                                   | 2160                                   | 2160                                 | 2160                                   |
| Размеры ячейки по осям, м:<br>ширина<br>глубина                                                                                                    | 36<br>36                               | 42<br>36                               | 42<br>36                               | 42<br>36                               | 40<br>36                             | 36<br>36                               |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                                                 | 34,5                                   | 35,6                                   | 35,6                                   | 35,6                                   | 35,6                                 | 34,5                                   |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч                                            | 100                                    | 100                                    | 100                                    | 100                                    | 100                                  | 100                                    |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                                              | 5                                      | 5                                      | 5                                      | 5                                      | 5                                    | 5                                      |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                                                     | 85                                     | 85                                     | 85                                     | 85                                     | 85                                   | 85                                     |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                                                    | 0,3                                    | 0,3                                    | 0,3                                    | 0,3                                    | 0,3                                  | 0,3                                    |

Схема испарений двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения находится в барабане и представляет собой систему внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. Второй ступенью испарения служат выносные циклоны диаметром 426 мм.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по шести стоякам диаметром 465 мм с толщиной стенки 40 мм (сталь 20), из которых подается в нижние камеры экранов по трубам  $\varnothing 159 \times 15$  мм (сталь 20).

Пароводяная смесь отводится из экранов в барабан по трубам  $\varnothing 133 \times 13$  мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры и опускной газоход экранированы цельносварными панелями из гладких труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм и вваренной полосы размером  $6 \times 21,5$  мм и включены в тракт пароперегревателя высокого давления.

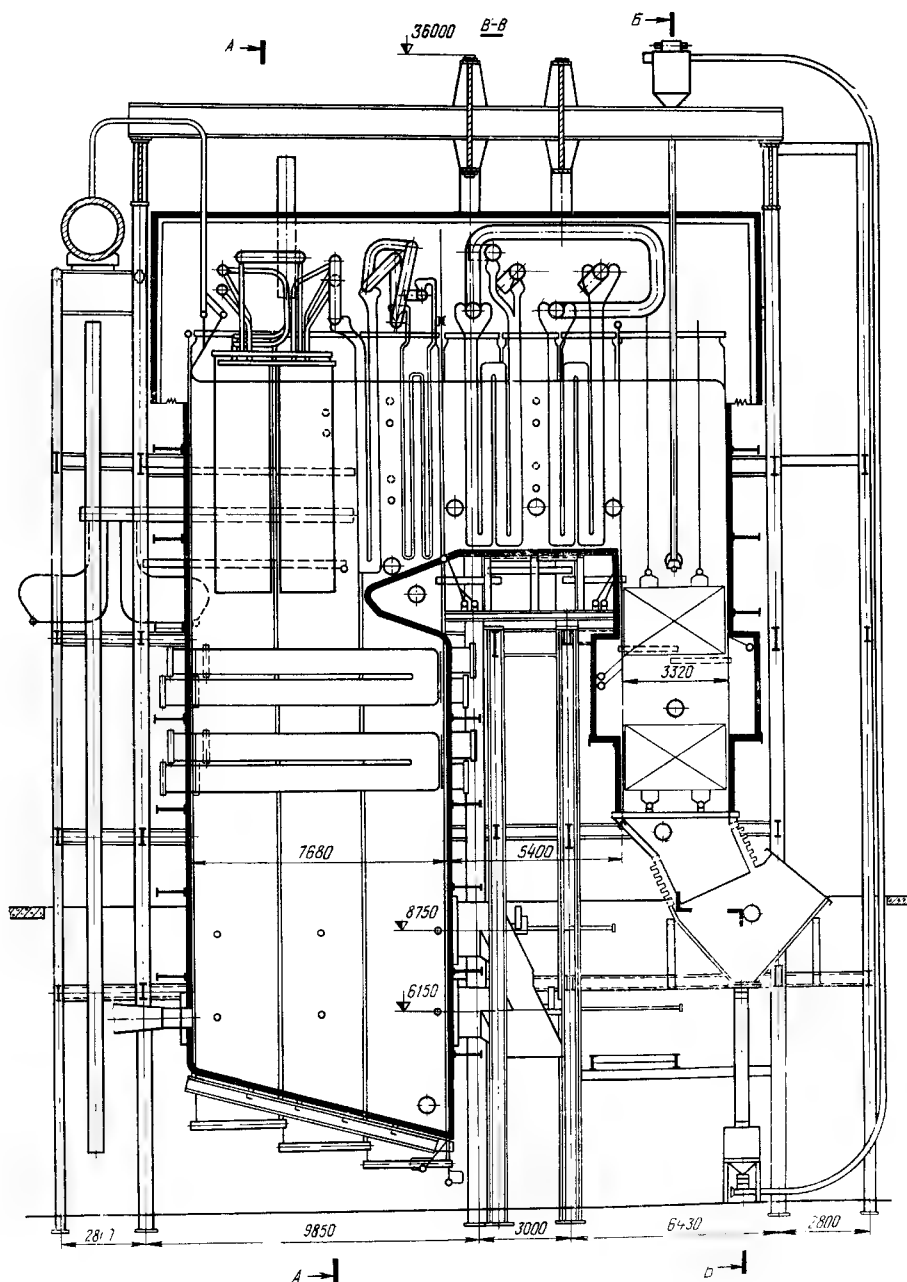


Рис. 50. Продольный разрез котла Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206)

Пароперегреватель высокого давления по характеру восприятия тепла разделен на три части: радиационную, полурadiационную (ширмовую) и конвективную.

Радиационный настенный пароперегреватель находится в верхней части топочной камеры в виде горизонтальных лент и выполнен из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ).

Ширмовый пароперегреватель состоит из 24 отдельных ширм из труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ) и расположен в верхней части топки в один ряд.

Конвективный пароперегреватель высокого давления состоит из двух ступеней (входной и выходной) в виде вертикальных пакетов. Входная часть выполнена из труб  $\varnothing 36 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ), выходная часть второй ступени конвективного пароперегревателя – из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

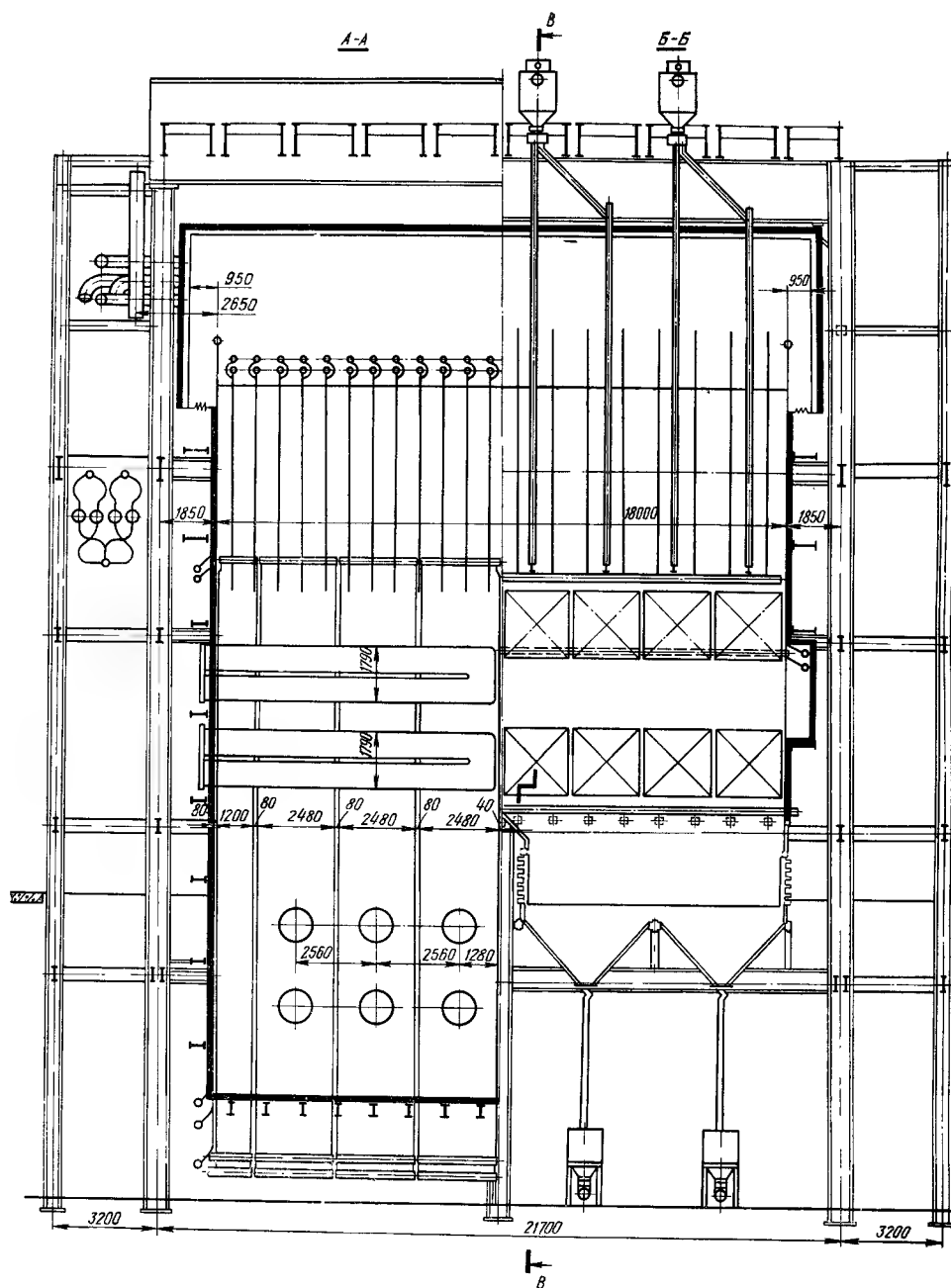


Рис. 51. Поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206)

Промперегреватель имеет три ступени. Первая расположена в переходном газоходе и состоит из труб Ø 42x4 мм (сталь 12Х1МФ).

Вторая и третья являются выходными и выполнены из труб Ø 40x4 мм (сталь 12Х1МФ) и сталь 12Х18Н12Т.

В конвективном (опускном) газоходе расположен экономайзер из труб Ø 28x4 мм (сталь 20).

Воздух подогревается двумя регенеративными вращающимися воздухоподогревателями диаметром Ø 6,8 мм, которые вынесены за пределы котельной.

Пар высокого давления движется двумя неперемешивающимися потоками.

Регулирование температуры перегрева производится тремя впрысками собственного конденсата. Первый впрыск осуществляется перед ширмами, второй – перед первой ступенью конвективного пароперегревателя, третий – перед второй ступенью конвективного пароперегревателя.

Тракт пара промперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура пара промперегрева регулируется рециркуляцией дымовых газов в нижнюю часть топки и впрыском питательной воды в рассечку между ступенями пароперегревателя.

Для осуществления газоплотности котла все проходы поверхностей нагрева через потолок уплотнены сильфонами. Над потолком расположен уплотнительный «теплый ящик», в который подается горячий воздух под давлением, превышающим давление в газоходе котла.

Для получения собственного конденсата предусмотрены шесть конденсаторов Ø 426x36 мм, расположенных на боковых стенках котла на уровне ширмового пароперегревателя.

Водяной экономайзер находится в опускном газоходе. Змеевики водяного экономайзера расположены перпендикулярно тракту котла. По высоте экономайзер состоит из двух частей.

Обмуровка котла натрубная, облегченная, крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту. Снаружи обмуровки устанавливается декоративная обшивка из оцинкованного листа.

Для очистки ширмовых и конвективных поверхностей нагрева в переходном газоходе предусмотрена паровая обдувка глубоководными аппаратами ОГ-8 и ОГ-8А. Для очистки экономайзера применяется дробеструйная установка, а регенеративного воздухоподогревателя – паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

#### **4.8. Котлы Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214СЗХЛ, ТПЕ-214А)**

Котлы Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214 СЗХЛ) и Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214А) спроектированы и изготовлены на базе котла ТПЕ-214СЗХЛ (рис. 52, 53). В табл. 11 представлены показатели, характеризующие каждую модель.

Котлы этой группы предназначены для работы на каменном угле и промежуточном продукте переработки каменного угля в блоке с турбиной мощностью 180/210 МВт.

Котельный агрегат однобарабанный, однокорпусный с естественной циркуляцией на высокие параметры пара с промперегревом. Имеет закрытую П-образную компоновку.

Котел ТПЕ-214СЗХЛ изготавливают для установки в районах с сейсмичностью

до 7 баллов в холодном климате, закрытой компоновки.

Котел ТПЕ-214А – для установки в сейсмичных районах, закрытой компоновки.

Котел газоплотный с цельносварными экранами.

Топочная камера открытого типа, призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник размером по осям труб 12,48х13,52 м. Стены топки экранированы цельносварными панелями из гладких труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм (сталь 20) и вваренной полосы размером 6х21,5 мм из стали 20.

Для улучшения аэродинамических свойств топки в верхней части имеется выступ в сторону топки.

Топка котла ТПЕ-214 СЗХЛ оборудована восемью угловыми прямоточными горелками, расположенными в два яруса. Расстояние между ярусами составляет 5,5 м.

Топка котла ТПЕ-214 А оборудована четырьмя горелками, расположенными в один ярус.

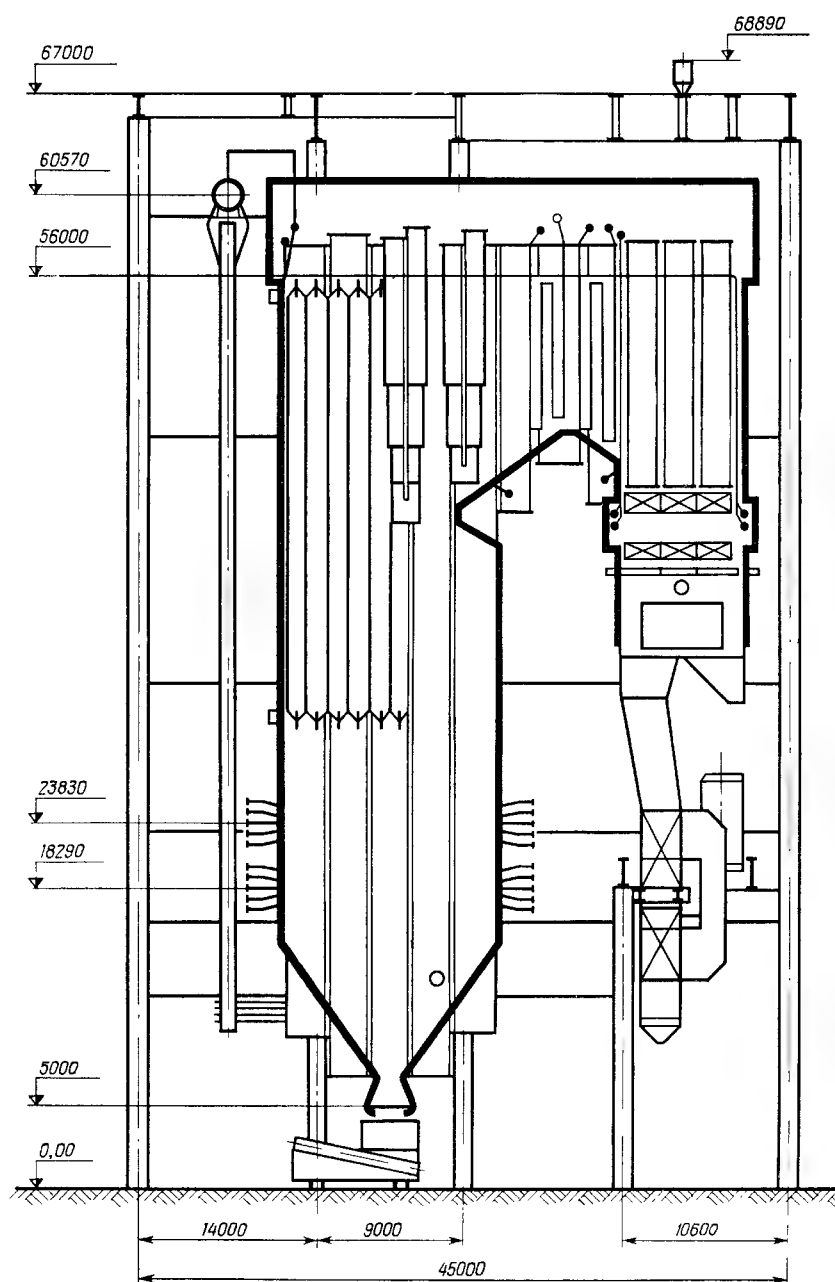


Рис. 52. Продольный разрез котла Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214 СЗХЛ)



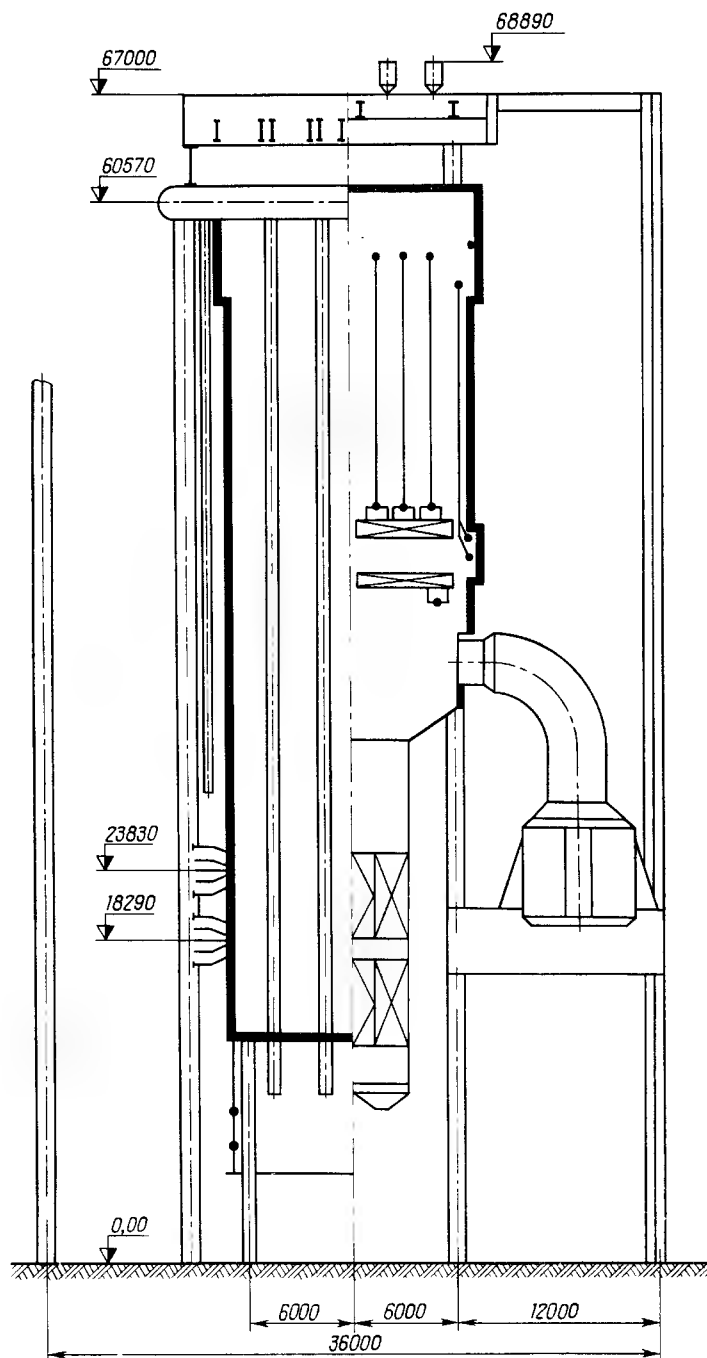


Рис. 53. Поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214 СЗХЛ)

Барaban котла сварной, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 115 мм (сталь ГНМА).

Схема испарения одноступенчатая с промывкой пара питательной водой и представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по стоякам диаметром 465 мм с толщиной стенки 40 мм (сталь 20), из которых подается в нижние камеры экранов по трубам  $\varnothing 159 \times 15$  мм (сталь 20).

Пароводяная смесь из экранов отводится по трубам  $\varnothing 133 \times 13$  мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры и опускной газоход

экранированы цельносварными панелями из плавниковых труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм с шагом 46 мм (сталь 12Х1МФ) и включены в тракт пароперегревателя высокого давления.

Пароперегреватель высокого давления по характеру восприятия тепла делится на три части: радиационную, полурadiационную и конвективную.

Радиационный настенный пароперегреватель состоит из труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ).

Таблица 11

### Технические характеристики котла Еп-670-545 КДТ

| Наименование показателей                                                                                                                                                                 | ТПЕ-214А                                          | ТПЕ-214СЗХЛ                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, г ч                                                                                                                                                  | 670                                               | 670                                     |
| Расход пара через промпареперегреватель, г ч                                                                                                                                             | 570                                               | 570                                     |
| Вид топлива                                                                                                                                                                              | Кузнецкий Г и Д                                   | Промпродукт Нерюнгринские угли          |
| Давление пара, МПа (кгс см <sup>2</sup> )<br>на выходе из пароперегревателя высокого давления промпареперегревателя:<br>на входе<br>на выходе                                            | 13,8 (140)<br>2,7 (27,4)<br>2,4 (24,4)            | 13,8 (140)<br>2,8 (29,1)<br>2,5 (26,1)  |
| Температура, °С:<br>на выходе пара высокого давления<br>пара промпареперегрева:<br>на входе<br>на выходе<br>питательной воды<br>уходящих газов                                           | 545<br><br><br>328<br>545<br>248<br>131           | 545<br><br><br>336<br>545<br>244<br>114 |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:<br>расчетный.<br>гарантийный                                                                                                                   | 92,7<br>92,0                                      | 92,3<br>91,5                            |
| Расход топлива, т ч:<br>натурального<br>условного                                                                                                                                        | 90,2<br>70,3                                      | 97,5<br>71,4                            |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:<br>газовой<br>воздушной                                                                                                   | 274<br>417                                        | 298<br>664                              |
| Тип горелок (шт.)                                                                                                                                                                        | Прямоточные                                       |                                         |
|                                                                                                                                                                                          | (8)                                               | (4)                                     |
| Число ярусов                                                                                                                                                                             | 2                                                 | 1                                       |
| Расстояние между ярусами, м                                                                                                                                                              | 5,5                                               | —                                       |
| Теплопроизводительность, Гкал ч                                                                                                                                                          | 457                                               | 450                                     |
| Температура воздуха до калорифера, °С                                                                                                                                                    | 30                                                | 30                                      |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал (м <sup>2</sup> ·ч)                                                                                                                  | $2,91 \cdot 10^6$                                 | $2,95 \cdot 10^6$                       |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал (м <sup>3</sup> ·ч)                                                                                                                               | $62 \cdot 10^3$                                   | $62 \cdot 10^3$                         |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                                                                                    | 6060                                              | 6060                                    |
| Регулирование температуры перегретого пара                                                                                                                                               | Впрыск                                            | Впрыск                                  |
| Число впрысков                                                                                                                                                                           | 3                                                 | 3                                       |
| Впрыскиваемая среда                                                                                                                                                                      | Питательная вода ППТО, впрыск, рециркуляции газов |                                         |
| Полный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч:<br>для труб поверхностей нагрева.<br>для трубопроводов в пределах котла и камер | 100<br>100                                        | 100<br>100                              |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                                                                                    | 5                                                 | 5                                       |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания.                                                                                                                              | 85                                                | 85                                      |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании топлива, г м <sup>3</sup>                                                                                                                     | 0,7                                               | 0,7                                     |

Ширмовый пароперегреватель состоит из труб  $\varnothing 38 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ) и расположен в верхней части топки в два ряда по ходу газов на выходе из топки.

Промперегреватель находится в переходном газоходе и выполнен в виде двух пакетов: входного – из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ) и выходного, в котором первые два змеевика выполнены из труб  $\varnothing 42 \times 4$  мм (сталь 12Х18Н12Т), а остальные из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ).

В конвективном опускном газоходе расположен водяной экономайзер из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 20).

В котле применена комбинированная схема подогрева воздуха: первичный воздух греется в трубчатом воздухоподогревателе, расположенном в опускном газоходе за водяным экономайзером и выполненном из труб  $\varnothing 40 \times 2$  мм из стали Вст. 2сп; вторичный – в двух регенеративных воздухоподогревателях с диаметром ротора 6,8 м, вынесенных за пределы котельной.

Пар высокого давления движется двумя независимыми потоками. Регулирование температуры перегрева производится тремя впрысками питательной воды.

Тракт пара промперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура промперегрева регулируется рециркуляцией дымовых газов в низ топки и впрыском питательной воды в рассечку между ступенями пароперегревателя.

Для возможности регулирования температуры пара низкого давления при работе котла на низкосортном топливе котел поставляется с паро-паровыми теплообменниками. Предусмотрены также аварийный впрыск и паровой разогрев барабана во время пуска котла из холодного состояния при помощи насыщенного пара, отбираемого из барабанов других котлов.

Котел предназначен для работы с уравновешенной тягой и твердым шлакоудалением. Для удаления шлака из-под котла служит установка шнекового типа, в которой шлак измельчается и перебрасывается от бункеров в канал золоудаления.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию толщиной стенки 160 мм и обшита сверху металлическим листом.

Для очистки ширмовых и конвективных поверхностей нагрева, а также поверхностей в переходном газоходе предусмотрена паровая обдувка.

Для очистки поверхностей нагрева в опускном газоходе конвективной шахты предусмотрена дробеструйная установки.

Для очистки регенеративного вращающего воздухоподогревателя применены водяная обмывка и паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газоходов.

#### **4.9. Котлы Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПГЕ-215, ТПЕ-215СЗ, ТПЕ-215, ТПЕ-215АС, ТПЕ-215БС)**

Котлы Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПГЕ-215); Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215СЗ), Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215); Еп-670-13,8-545 КТ (ТПЕ-215АС); Еп-670-13,8-545 КТ(ТПЕ-215 БС) спроектированы и изготовлены на базе котла ТПЕ-215 (рис. 54, 55). В табл. 12 представлены показатели, характеризующие каждую модель.

Котлы этой группы предназначены для работы на каменном угле и природном газе в блоке с турбинами Т-180/215-130 и К-210-130.

Котельный агрегат однобарабанный, с естественной циркуляцией, на высокие параметры пара, с промперегревом, однокорпусный, выполнен по Т-образной закрытой компоновке.

Котлы спроектированы с учетом следующих условий:

ТПЕ-215 – для отечественных поставок, в сейсмичных районах, в холодном кли-

мате, закрытой компоновки;

ТПГЕ-215 – для отечественных поставок в несейсмичных районах, на каменном угле, второе топливо – природный газ, закрытой компоновки;

ТПЕ-215 АС – для экспортных поставок в районах с сейсмичностью до 7 баллов, закрытой компоновки;

ТПЕ-215 БС – для установки в районах с сейсмичностью 7 баллов, закрытой компоновки;

ТПЕ-215 СЗ – для отечественных поставок, устанавливается в районах с сейсмичностью до 7 баллов для холодного климата, закрытой компоновки.

Котел газоплотный с цельносварными экранами.

Топочная камера котла открытого типа имеет призматическую форму и разделяется по ширине котла двухсветным экраном на две полутопки. Размеры топочной камеры по осям труб 8,8х17,7 м.

Стены топочной камеры экранированы газоплотными панелями из гладких труб Ø60Х6 мм и вваренной полосы размером 6х21,5 мм (сталь 20).

Для улучшения аэродинамических свойств топки из труб боковых экранов в верхней части топки образован выступ в сторону топки размером 1600 мм.

Топка оборудована 16 прямооточными плоско-факельными горелками, расположенными на боковых стенах в два яруса, расстояние между ярусами составляет 5,1 м.

Барабан котла сварной, имеет внутренний диаметр 1600 мм, с толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной воды. Первая ступень испарения находится в барабане котла и представляет собой систему циклонов и промывочных устройств. Ко второй ступени относятся по одной фронтальной и задней панели экранов, включенных в выносные циклоны диаметром 426 мм.

Вода из топочных экранов, включенных в барабан, поступает по спускным трубам Ø 159х15 мм (сталь 20), к коллекторам панелей, включенным в выносные циклоны – по трубам Ø 133х13 мм (сталь 20).

Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 133 мм.

Толщина стенки несущих участков пароводящих труб 17 мм, в остальной части – 13 мм. Материал – сталь 20.

Стены и под переходного газохода, потолок и опускные газоходы экранированы цельносварными панелями из плавниковых труб или из гладких труб Ø 32х5 мм и вваренной полосы размером 6х21,5 мм (сталь 20) и включены в тракт пароперегревателя высокого давления.

Пароперегреватель высокого давления по характеру восприятия тепла делится на три части: радиационную, полурadiационную и конвективную.

Радиационная часть пароперегревателя выполнена из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ) в виде горизонтальных змеевиков, расположенных в верхней части топки по периметру обеих полуторок.

Полурadiационная или ширмовая часть пароперегревателя находится на выходе из топочной камеры в выходных окнах каждого из переходных газоходов, в которых расположено по 24 ширмы из труб диаметром 36х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Ширмовая часть пароперегревателя состоит из двух частей: 12 средних ширм образуют ширмовый пароперегреватель первой ступени, а 12 крайних – ширмовый пароперегреватель второй ступени.

Конвективный пароперегреватель высокого давления выполнен из двух ступеней в виде вертикальных пакетов. Первая ступень (крайние пакеты) состоит из труб Ø 36х6 мм (сталь 12Х1МФ), вторая ступень (средние пакеты) – из труб Ø 36х6 мм (сталь 12Х1МФ, 12Х18Н12Т).

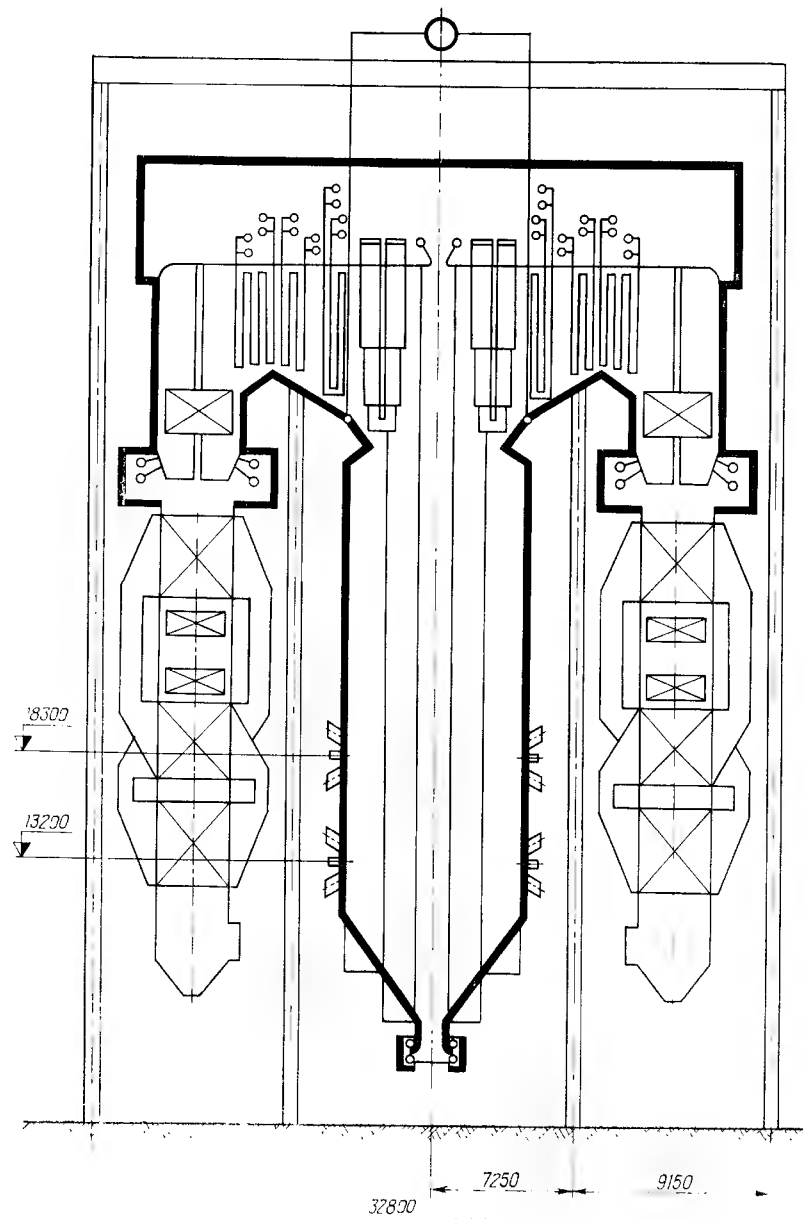


Рис. 54. Поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПЕ-215)

Промперегреватель выполнен из трех частей (входная, выходная и регулирующая ступени) и размещен в переходных газоходах и в верхней части опускных газоходов.

Входная ступень изготовлена из труб  $\varnothing 42 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ); выходная ступень – из труб  $\varnothing 42 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ, 12Х18Н12Т) регулирующая ступень – из труб  $\varnothing 50 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ).

В конвективных (опускных) газоходах расположен одноступенчатый гладкотрубный водяной экономайзер из труб  $\varnothing 28 \times 4$  мм (сталь 20).

Воздух подогревается в трубчатом воздухоподогревателе, размещенном в обоих конвективных шахтах, которые набраны из кубов, изготовленных из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (сталь Вст. 2сп). Воздухоподогреватель выполнен в виде двух ступеней.

Пароперегреватель высокого давления делится на две части относительно продольной оси котла.

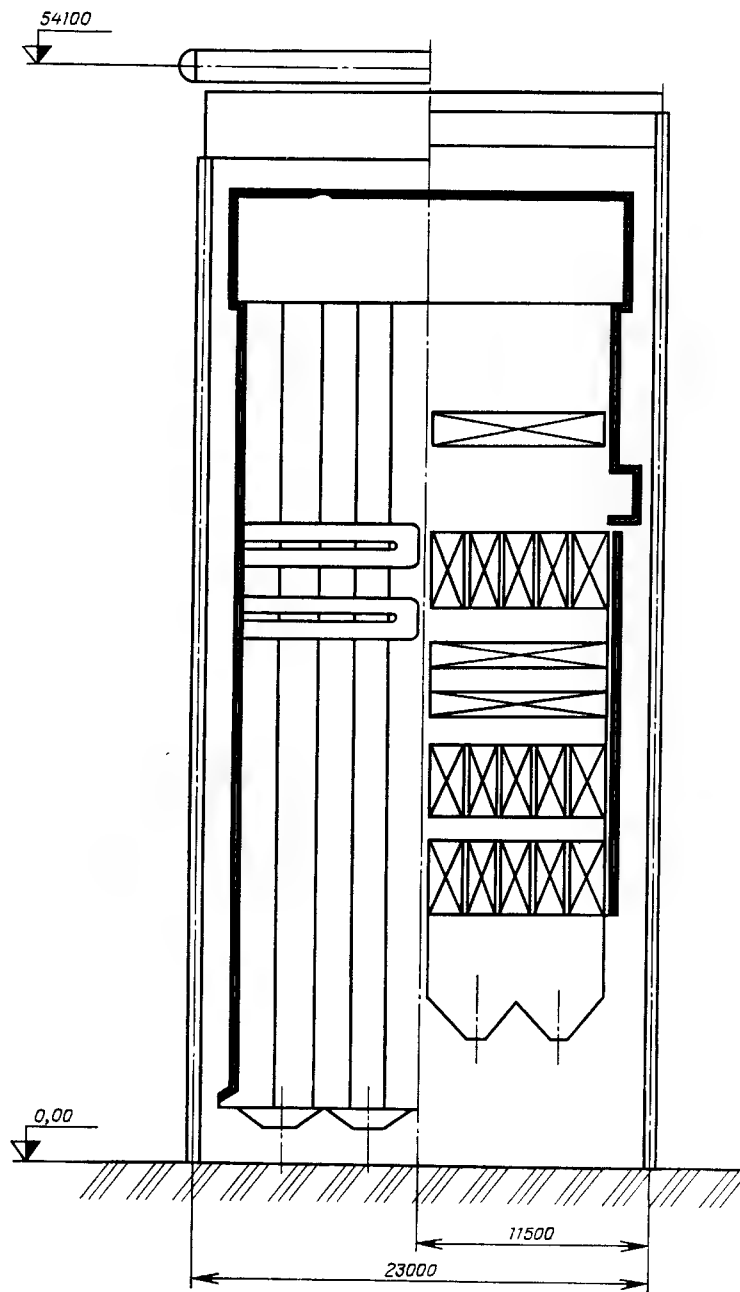


Рис. 55. Продольный разрез котла Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПЕ-215)

Пар высокого давления движется двумя неперемешивающимися потоками.

Регулирование температуры первичного пара осуществляется изменением положения факела в топке, подачей рециркулирующих газов в топочную камеру и впрыском собственного конденсата в воды.

Первый впрыск происходит перед средними ширмами, второй – перед крайними, третий – перед второй ступенью конвективного пароперегревателя.

Тракт пара промпрегревателя состоит из двух независимых потоков. Для регулирования температуры пара промпрегрева предусмотрено наличие регулирующей ступени и четырех пароохладителей (по два на каждой стороне котла), установленных после регулирующей ступени. Регулирование температуры осуществляется путем изменения количества пара, проходящего через регулирующую ступень и пароохладители.

Технические характеристики котла Еп-670-13,8-545 КГТ

| Показатели                                                                                                                                                 | ТПГМ-218                                | ТПЕ-215СЗ                               | ТПЕ-215-2                               | ТПЕ-215АС                               | ТПЕ-215-БС                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                          | 2                                       | 3                                       | 4                                       | 5                                       | 6                                    |
| Номинальная паро-производительность, т/ч                                                                                                                   | 670                                     | 670                                     | 670                                     | 670                                     | 670                                  |
| Вид топлива:<br>основного                                                                                                                                  | Нерюнгринский каменный уголь            | Тунгусский каменный уголь               | Нерюнгринский каменный уголь СС         | Тощий уголь                             | Каменный уголь                       |
| резервного                                                                                                                                                 | Природный газ                           | Нерюнгринский каменный уголь            | Нет                                     | Нет                                     | Нет                                  |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                                                                   | 575                                     | 578,5                                   | 575                                     | 590                                     | 590                                  |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):<br>на выходе из пароперегревателя высокого давления<br>промперегревателя:<br>на входе<br>на выходе              | 13,8 (140)<br>2,66 (27,1)<br>2,4 (24,6) | 13,8 (140)<br>2,74 (27,9)<br>2,5 (25,4) | 13,8 (140)<br>2,66 (27,1)<br>2,4 (24,6) | 13,8 (140)<br>2,66 (27,1)<br>2,4 (24,6) | 13,8 (140)<br>2,66 (27,1) 2,4 (24,6) |
| Температура, °С:<br>на выходе из пароперегревателя высокого давления<br>пара промперегрева:<br>на входе<br>на выходе<br>питательной воды<br>уходящих газов | 545<br>333<br>545<br>250<br>145         | 545<br>353<br>545<br>240<br>144         | 545<br>333<br>545<br>250<br>145         | 545<br>330<br>545<br>242<br>145         | 545<br>330<br>545<br>242<br>148      |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:<br>расчетный<br>гарантийный                                                                                      | 92,44<br>91,5/93*                       | 92,32<br>92                             | 92,44<br>91,5                           | 91,5<br>90,5                            | 92,14<br>90,5                        |
| Расход топлива, т/ч:<br>натурального<br>условного                                                                                                          | 81,5<br>68,2                            | 97,5<br>71,4                            | 81,5<br>68,2                            | 82,3<br>68,2                            | 119,6<br>70,6                        |
| Аэродинамическое сопротивление тракта, мм вод. ст.:<br>газовой<br>воздушной                                                                                | 265<br>395                              | 284,3<br>362                            | 265<br>393                              | 277,2<br>372,7                          | 297,1<br>347,9                       |

Окончание таблицы 12

| 1                                                                                                                   | 2                     | 3                   | 4                     | 5                     | 6                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 441                   | 461                 | 441                   | 439                   | 455                   |
| Температура воздуха до калорифера, °С                                                                               | 30                    | 30                  | 30                    | 30                    | 30                    |
| Тепловое напряжение: поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                            | 3,06·10 <sup>6</sup>  | 3,2·10 <sup>6</sup> | 3,06·10 <sup>6</sup>  | 30,8·10 <sup>6</sup>  | 3,17·10 <sup>6</sup>  |
| объема топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                                                              | 103,2·10 <sup>3</sup> | 108·10 <sup>3</sup> | 103,2·10 <sup>3</sup> | 103,2·10 <sup>3</sup> | 106,9·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 4626                  | 4626                | 4626                  | 4626                  | 4626                  |
| Размеры ячейки по осям, м:                                                                                          |                       |                     |                       |                       |                       |
| ширина                                                                                                              | 36                    | 48 (36)             | 36                    | 48                    | 48                    |
| глубина                                                                                                             | 42                    | 42                  | 42                    | 45,6                  | 45,6                  |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 52,8                  | 52,8                | 52,8                  | 52,8                  | 52,8                  |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450°С и более, тыс. ч: |                       |                     |                       |                       |                       |
| для труб поверхностей нагрева,                                                                                      | 100                   | 100                 | 100                   | 100                   | 100                   |
| для трубопроводов в пределах котла                                                                                  | 100                   | 100                 | 100                   | 100                   | 100                   |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                               | 5                     | 5                   | 5                     | 5                     | 5                     |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                     | 85                    | 85                  | 85                    | 85                    | 85                    |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                     | 0,7                   | 0,7                 | 0,7                   | 0,7                   | 0,7                   |

\* В числителе приведены данные при сжигании угля, в знаменателе – газа

Обмуровка котла натрубная облегченная, изоляционная толщина стенки 160 мм, крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективные шахты, сверху обшита металлическим листом.

Для очистки экранов топки ширмовых и конвективных поверхностей нагрева в переходном газоходе предусмотрена паровая обдувка аппаратами ОМ-0,35, ОГ-8.

Для очистки поверхностей нагрева в опускном газоходе конвективной шахты приме-



няется дробеструйная установка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

#### 4.10. Котел Еп-670-13,8-545 БТ (ТПЕ-216)

Котел Еп-670-13,8-545 БТ (ТПЕ-216) (рис. 56) предназначен для работы на низко-сортных бурых углях в блоке с турбинами: теплофикационной Т-180/215-130 и конденсационной К-210-130.

Котел однобарабанный, однокорпусный, с естественной циркуляцией, П-образной компоновкой, на высокие параметры пара с промперегревом.

Котел газоплотный, с цельносварными экранами, уравновешенной тягой и твердым шлакоудалением. Топочная камера открытого типа, призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник с размерами по осям труб 13,52х12,48 м.

Стены топочной камеры экранированы цельносварными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм с шагом 80 мм и вваренной полосы (сталь 20).

Для улучшения аэродинамических свойств топки в верхней части имеется выступ в сторону топки.

Для сушки топлива предусмотрен отбор горячих газов в верхней части топки, через шесть патрубков. Для регулирования температуры сушильного агента к патрубкам подводятся холодные газы от короба уходящих газов за электрофильтрами.

Топочная камера оборудована 18 прямооточными горелками, которые расположены тангенциально в три яруса (расстояние между ярусами 4,5 м). На фронтальной и задней стенах топочной камеры установлены по два блока трехъярусных горелок, а на боковых стенах по одному блоку горелок. Установка горелок осуществлена таким образом, что в центре топки образуется тангенциальный вихрь.

Газовая сушка топлива и многоярусность горелок обеспечивают низкотемпературный уровень в зоне активного горения топлива, что способствует уменьшению шлакования экранных поверхностей и снижению вредных выбросов окислов азота в атмосферу.

Часть фронтальной и боковой стен топочной камеры экранирована вторым рядом труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) настенного радиационного пароперегревателя. Такое конструктивное исполнение улучшает условия очистки экранных поверхностей и позволяет применять традиционные средства очистки.

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения – двухступенчатая с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения находится в барабане котла и представляет собой систему циклонов и промывочных устройств. Вторая размещается в выносных циклонах.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по шести стоякам диаметром 465 мм с толщиной стенки 40 мм, приваренным к штуцерам барабана, расположенным в нижней части. От стояков к нижним коллекторам экранов вода подводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20). Подвод воды по трубам большого диаметра позволяет повысить надежность работы циркуляционных контуров и барабана.

Пароводяная смесь от верхних коллекторов экранов отводится в барабан по трубам Ø 133х13 мм (сталь 20).

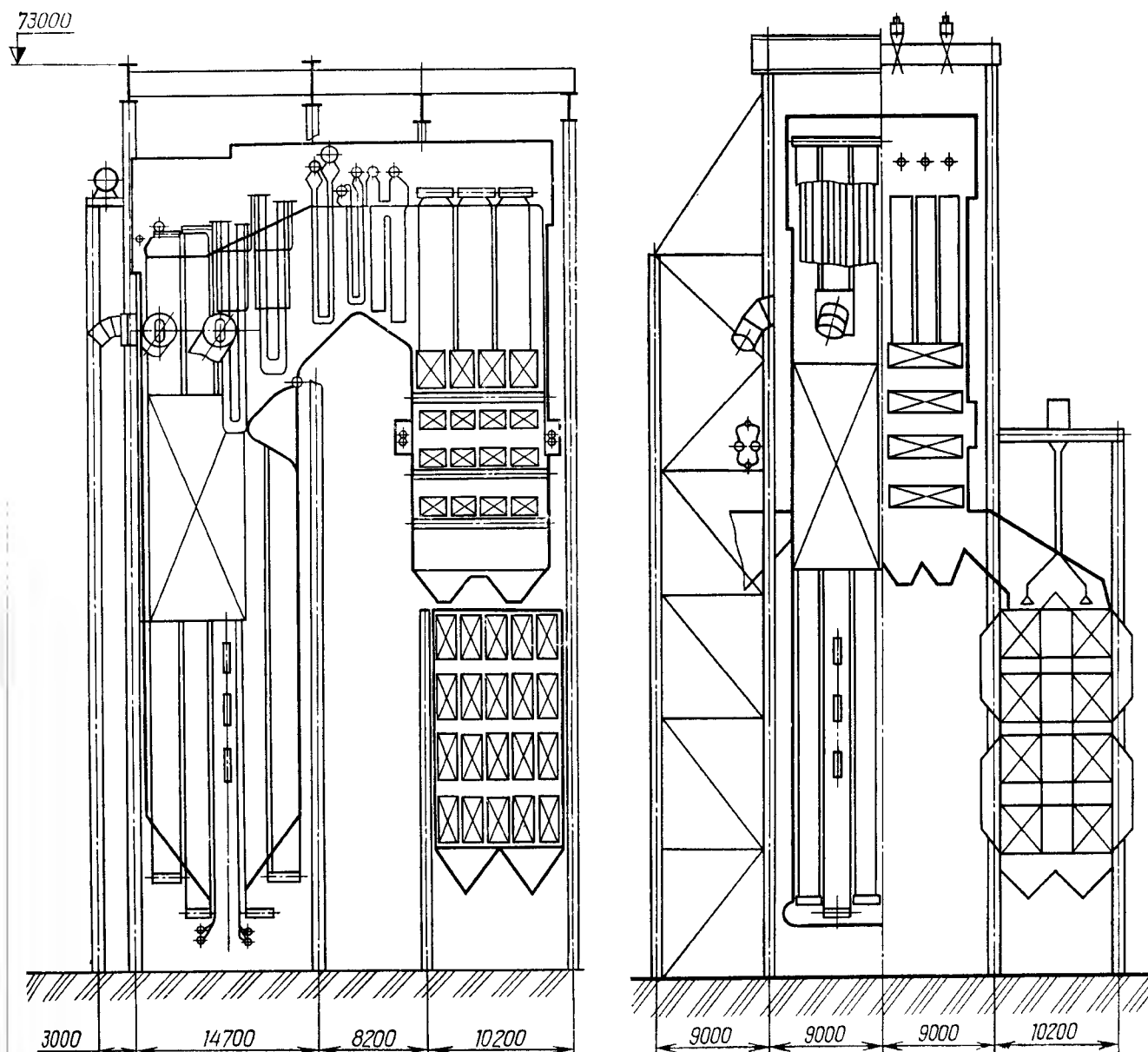


Рис. 56. Продольный и поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 БТ (ТПЕ-216)

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры и опускной газоход экранированы цельносварными панелями из гладких труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм с шагом 52 мм (сталь 20).

Пароперегреватель высокого давления по характеру восприятия тепла делится на три части: радиационную, полурadiационную и конвективную. Радиационная часть пароперегревателя находится в топке. К полурadiационной части пароперегревателя относится ширмовый пароперегреватель, который состоит из двух ступеней и расположен на выходе из топки.

Ширмы первой ступени и часть ширм второй ступени (12 и 24) выполнены из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ), ширмы выходной части второй ступени по шесть с каждой стороны котла выполнены из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х18Н12Т). Схема включения ширм обеспечивает надежное охлаждение змеевиков, расположенных в высокотемпературной зоне газового тракта.

Конвективная ступень пароперегревателя высокого давления выполнена из труб Ø 42x5 мм (сталь 12Х1МФ). Ступень расположена в зоне умеренной температуры газов, где шлакование идет менее интенсивно. Поперечный шаг по змеевикам равен 130 мм.

Пароперегреватель низкого давления состоит из трех ступеней. Выходная (первая по ходу газов) ступень пароперегревателя низкого давления выполнена из труб Ø 60x5 мм (сталь 12Х18Н12Т) и находится за ширмовым пароперегревателем. Пакеты змеевиков в ступени расположены с поперечным шагом 260 мм, что повышает надежность работы пароперегревателя при сжигании высокошлакующего топлива.

Вторая по ходу газов ступень пароперегревателя низкого давления расположена на выходе из горизонтального газохода и выполнена из труб Ø 50x4 мм (сталь 12Х1МФ).

Сечение горизонтального газохода выбрано с учетом обеспечения умеренных скоростей газа при сжигании высокоабразивного топлива. Углы наклона скатов пода горизонтального газохода выбраны с учетом необходимости уменьшения золовых отложений.

В опускном конвективном газоходе первой по ходу газов расположена регулировочная ступень пароперегревателя низкого давления. Специальный трехходовой клапан позволяет регулировать пропуск пара через ступень в зависимости от нагрузки котла при эксплуатации, тем самым обеспечивается стабилизация температуры перегрева пара низкого давления при снижении нагрузки котла до 80 %. Ступень выполнена из труб Ø 42x4 мм (сталь 12Х1МФ) и имеет шахматное расположение змеевиков с шагом 138 мм. Увеличенный поперечный шаг между змеевиками позволяет избежать интенсивного заноса, обеспечивает возможность очистки. Ступень закреплена на охлаждаемой водой подвешенной системе. Надежность работы ступени в целом обеспечивается умеренной температурой газов, что позволяет в любых режимах снижать пропуск пара через ступень на 10 %.

За регулировочной ступенью расположены три ступени водяного экономайзера. Змеевики из труб Ø 32x5 мм (сталь 20) расположены в шахматном порядке с поперечным шагом 120 мм. Конструкция экономайзера разработана с учетом сжигания сильно шлакующего топлива с абразивной золой, предусматривается возможность очистки зазоров между змеевиками.

Для подогрева воздуха применен трубчатый воздухоподогреватель, который вынесен двумя колонками на боковые стороны котла, что способствует предотвращению цементации золы с высоким содержанием окиси кальция.

Тракт пара пароперегревателей высокого и низкого давлений состоит из двух независимых потоков с двумя выходами с каждой стороны котла.

Для регулирования температуры пара высокого давления установлены три ступени впрыскивающих пароохладителей, к которым подведены как собственный конденсат, так и питательная вода.

Регулирование температуры пара низкого давления осуществляется путем изменения количества пара, проходящего через регулируемую поверхность и впрыском питательной воды.

Котел имеет собственный каркас, конструкция которого предусматривает возможность укрупненного монтажа.

Все поверхности нагрева, кроме воздухоподогревателя, подвешены к металлоконструкциям потолочного перекрытия. При нагревании они расширяются к низу. Воздухоподогреватель устанавливают на каркасе.

В проекте предусмотрены мероприятия по ремонтпригодности основных элементов, которые позволяют механизировать ремонт и сократить время простоя котла.

Обмуровка котла выполнена в виде натрубной облегченной изоляции и обшита металлическим листом. Крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту.

Очистка поверхностей нагрева, размещенных в топке и горизонтальном газоходе,

осуществляется глубоководными обдувочными аппаратами прерывистого действия, размещенными в районе ширм.

Для очистки поверхностей нагрева в опускном газоходе конвективной шахты предусмотрена дробеструйная установка.

Предусмотрена возможность установки аппаратов водяной очистки в топке.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены блокировка и средства защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                                                                                      |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                              | 670               |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                             | 577               |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                                           |                   |
| на выходе из пароперегревателя                                                                                       | 3,8(140)          |
| промперегревателя:                                                                                                   |                   |
| на входе                                                                                                             | 2,7 (27,5)        |
| на выходе                                                                                                            | 45 (25,0)         |
| Температура, °С:                                                                                                     |                   |
| на выходе пара высокого давления                                                                                     | 545               |
| пара промперегрева:                                                                                                  |                   |
| на входе                                                                                                             | 335               |
| на выходе                                                                                                            | 545               |
| питательной воды                                                                                                     | 243               |
| уходящих газов                                                                                                       | 158               |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                            |                   |
| расчетный                                                                                                            | 91,45             |
| гарантийный                                                                                                          | 90,5              |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                 |                   |
| натурального                                                                                                         | 169,8             |
| условного                                                                                                            | 69,3              |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по сторонам, мм вод. ст:                                                       |                   |
| газовой                                                                                                              | 292               |
| воздушной                                                                                                            | 459,7             |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                      | 444               |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                              | $2,92 \cdot 10^6$ |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                           | $72,2 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                | 6774              |
| Габаритные размеры ячейки по осям, м:                                                                                |                   |
| ширина                                                                                                               | 48                |
| глубина                                                                                                              | 42                |
| высота до верха хребтовой балки                                                                                      | 72,6              |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                   |
| для труб поверхностей нагрева, также выходных камер пароперегревателя                                                | 100               |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 100               |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                | 5                 |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                      | 85                |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                      | 0,49              |

#### 4.11. Котел Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464)

Котел Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464) (рис. 57, 58) предназначен для работы на природном газе и высокосернистом мазуте в блоке с теплофикационной турбиной ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ) или Т-100-110-130 (ПО ТМЗ) и другими.

Котел однобарабанный, однокорпусный с естественной циркуляцией, на высокие параметры пара, имеет П-образную открытую или закрытую компоновку.

Котел рассчитан на работу под наддувом с низким коэффициентом избытка воздуха. Топочная камера открытого типа, призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник размерами по осям труб 7,68х13,52 м.

Стены топки экранированы цельносварными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм и вваренной полосы. Материал труб: в районе амбразуры 15ХМ, остальных – сталь 20.

Под топочной камеры является началом фронтального экрана и имеет наклон 15° к горизонтали в сторону задней стенки.

Для улучшения аэродинамических свойств в верхней части топки трубами заднего экрана образован выступ в сторону топки.

Топка оборудована восемью вихревыми газомазутными горелками, расположенными в два яруса на задней стене. Расстояние между ярусами составляет 2,6 м.

Горелки вихревые двухпоточные, предназначены для раздельного сжигания газа и мазута, имеют электрогазовые запальники.

Барабан котла сварной конструкции, внутренний диаметр 1600 мм, толщина стенки 115 мм (сталь 16НГМА).

Схема испарения – двухступенчатая с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами, вторая ступень образована выносными сепарационными циклонами.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по трубам Ø 133х13 мм в стояки Ø 465х40 мм, из которых подается в нижние камеры экранов по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20). Пароводяная смесь отводится из экранов в барабан по трубам Ø 133х13 мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры и опускной газоход экранированы цельносварными мембранными панелями из плавниковых труб Ø 32х5 мм с шагом 46 мм (сталь 20). Стены фронтальной стенки опускного газохода выполнены так же как и вышеуказанные поверхности нагрева, но из стали 12Х1МФ. Все эти поверхности нагрева включены в тракт пароперегревателя.

Ширмовой пароперегреватель вертикального типа расположен в верхней части топки на уровне выходного окна и состоит из 36 ширм из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ). В районе выходного окна топочной камеры и переходном газоходе размещены четыре ступени вертикального конвективного пароперегревателя, выполненного из труб Ø 36 мм с толщиной стенки 5 и 6 мм (сталь 12Х1МФ).

В конвективной шахте по ходу газов установлены два пакета водяного экономайзера, змеевики которого расположены перпендикулярно фронту котла и выполнены из труб Ø 28х4 мм (сталь 20).

Подогрев воздуха осуществляется регенеративным воздухоподогревателем диаметром 8,8 м, вынесенным за пределы котла и размещенным за опускной шахтой.

Тракт пароперегревателя состоит из двух независимых неперемешивающихся потоков. Температура перегрева пара регулируется впрыском собственного конденсата по ходу пара.

Для осуществления газоплотности котла все проходы поверхностей нагрева и подвесок через потолок уплотнены сальфонами. Над потолком расположен уплотнительный «шатер» или «теплый ящик».

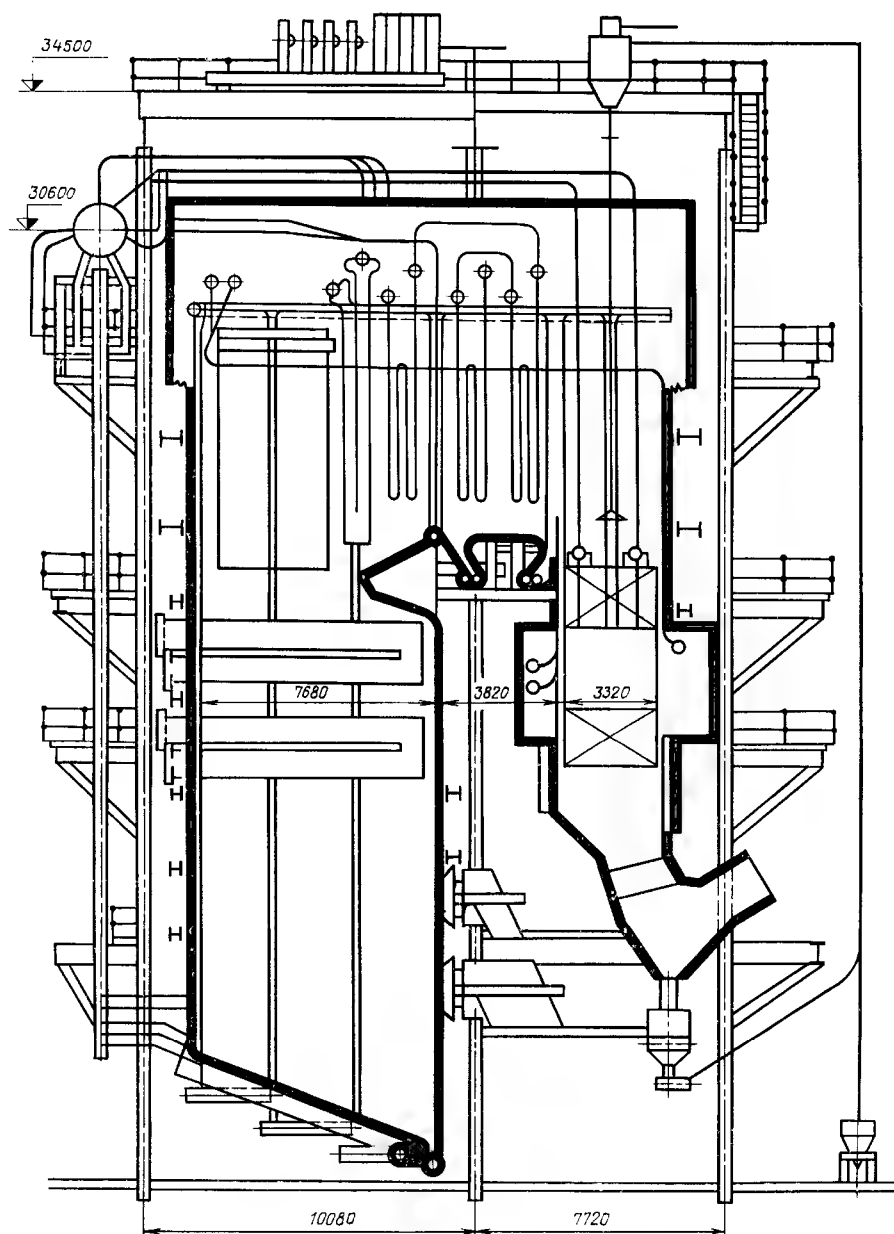


Рис. 57. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464)

В «теплый ящик» подается горячий воздух под давлением, превышающим давление в газоходе котла.

Обмуровка котла натрубная, облегченная, крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту.

Для очистки ширмовых и конвективных поверхностей нагрева в переходном газоходе предусмотрена паровая обдувка глубоководными аппаратами ОГ-8.

Для очистки экономайзера применяется дробеструйная установка, а регенеративного воздухоподогревателя – паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода. Проект предусматривает изготовление котла в блочном исполнении.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

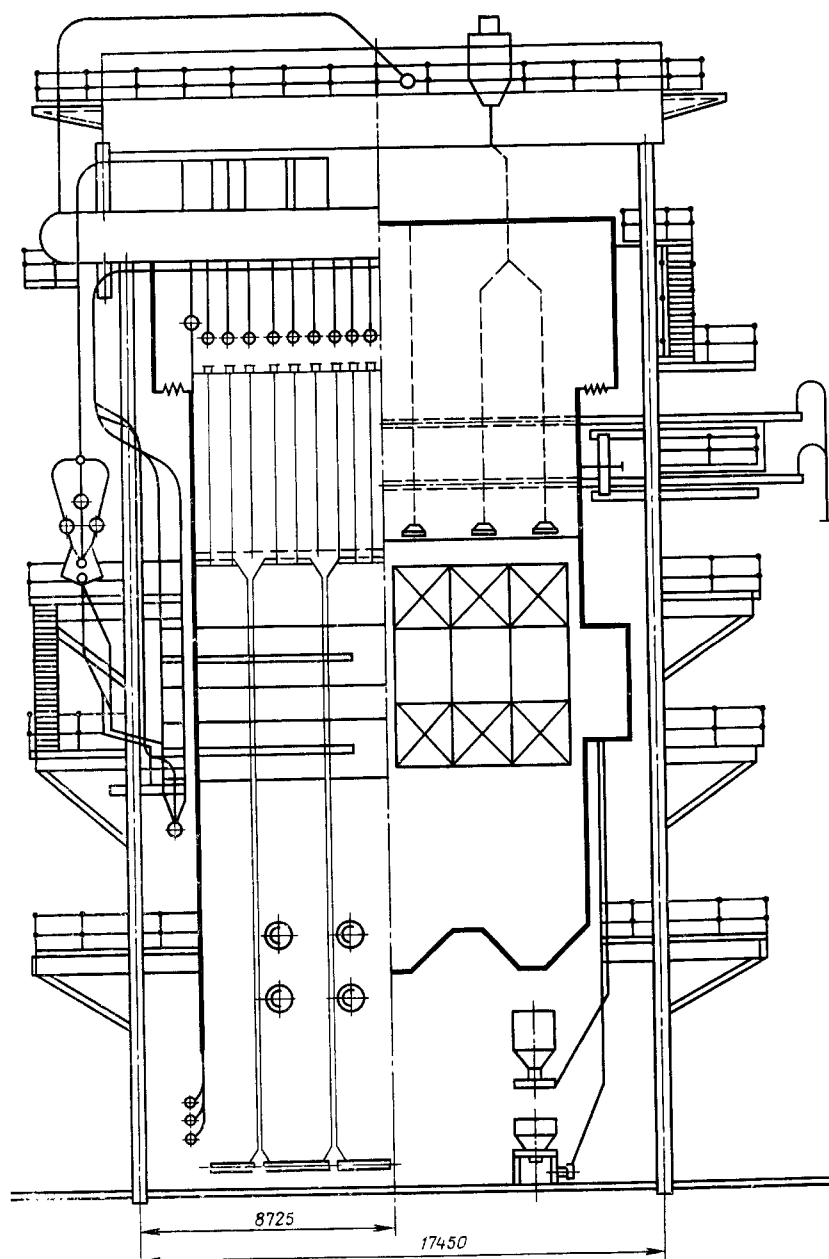


Рис. 58. Поперечный разрез котла Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464)

Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

#### Технические характеристики

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 500        |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140) |
| Температура, °С:                                                         |            |
| перегретого пара                                                         | 560        |
| питательной воды                                                         | 230        |
| уходящих газов (топливо – мазут)                                         | 151        |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |            |
| расчетный                                                                | 93,6       |

|                                                                                                                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| гарантийный                                                                                                         | 93,5                 |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                |                      |
| натурального                                                                                                        | 32,8                 |
| условного                                                                                                           | 43,5                 |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                              | 30                   |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по сторонам, мм вод. ст.:                                                     |                      |
| газовой                                                                                                             | 320                  |
| воздушной                                                                                                           | 437                  |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 300                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                             | 3,05·10 <sup>3</sup> |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                          | 196·10 <sup>3</sup>  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 610                  |
| Размеры ячейки по осям, м:                                                                                          |                      |
| ширина                                                                                                              | 24                   |
| глубина                                                                                                             | 30                   |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 34,5                 |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                               | 5                    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                     | 85                   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                     | 0,24                 |

#### 4.12. Котел Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428)

Котел Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428) предназначен для сжигания газа, высокосернистого мазута и работы в блоке с теплофикационными турбинами типов: ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ), Т-100/110-130 (ПО ТМЗ) и др (рис. 59, 60).

Котел однобарабанный, одно корпусный, с естественной циркуляцией, имеет четырехходовую сомкнутую компоновку поверхностей нагрева и состоит из топочной камеры и трех конвективных газоходов (одного подъемного и двух опускных).

Котел рассчитан на работу под наддувом с низким коэффициентом избытка воздуха.

Топочная камера состоит из горизонтальной цилиндрической вихревой камеры горения условным диаметром 4,48 м, оборудованной шестью прямоточными газомазутными горелками и призматической камерой охлаждения глубиной по осям труб 4,48 м и шириной по осям труб 13,65 м.

Два двухсветных экрана расположены параллельно боковым стенам и делят топочную камеру по всей высоте на три отсека, соединенных в нижней части между собой лазами в двухсветных экранах. Топочная камера подвешивается к верхнему перекрытию каркаса с помощью системы подвесок, обеспечивающих свободное перемещение при термических расширениях.

Ограждающие экраны топки выполнены в виде газоплотных цельносварных панелей из гладких труб Ø 50х5 мм с шагом 70 мм и вваренной полосы.

Двухсветные экраны выполнены из гладких труб Ø 60х6 мм с шагом 80 мм и вваренной полосы. Материал труб и вставок – сталь 20.

Внутренняя поверхность экранов камеры горения, в том числе двухсветных, ошпирована и покрыта карборундовой обмазкой. Этот вариант конструктивно ничем не отличается от предыдущих (имеется вариант топки неошпированной и непокрытой карборундом).



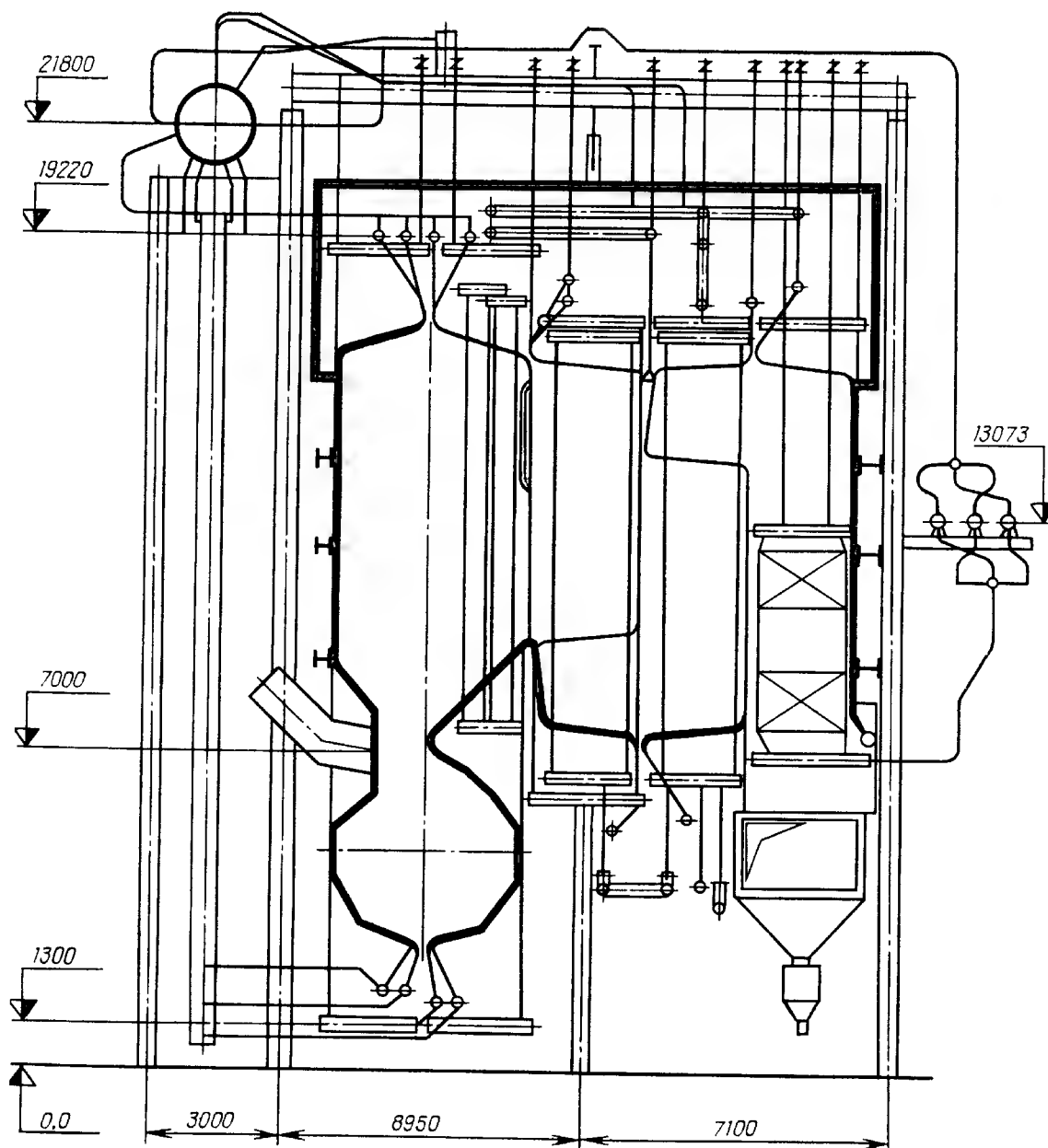


Рис. 59. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428)

На фронтальной стенке камеры горения под углом  $12^\circ$  с горизонтали расположены шесть прямооточных газомазутных горелок (по две горелки в каждом отсеке топочной камеры).

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения двухступенчатая. Пароводяная смесь первой ступени испарения (из фронтального, заднего двухсветного и частично бокового экрана, примыкающего к фронту) поступает во внутри барабанные циклоны.

Во вторую ступень испарения включена остальная часть бокового экрана, примыкающая к задней стене топки, и два выносных циклона диаметром 426 мм с толщиной стенки 36 мм, расположенных у боковых стен топочной камеры.

Вода из барабана по четырем водопускным стоякам диаметром 426 мм поступает к нижним коллекторам экранов топки. Пароводяная смесь из экранов отводится по трубам диаметрами 133 и 159 мм (сталь 20).

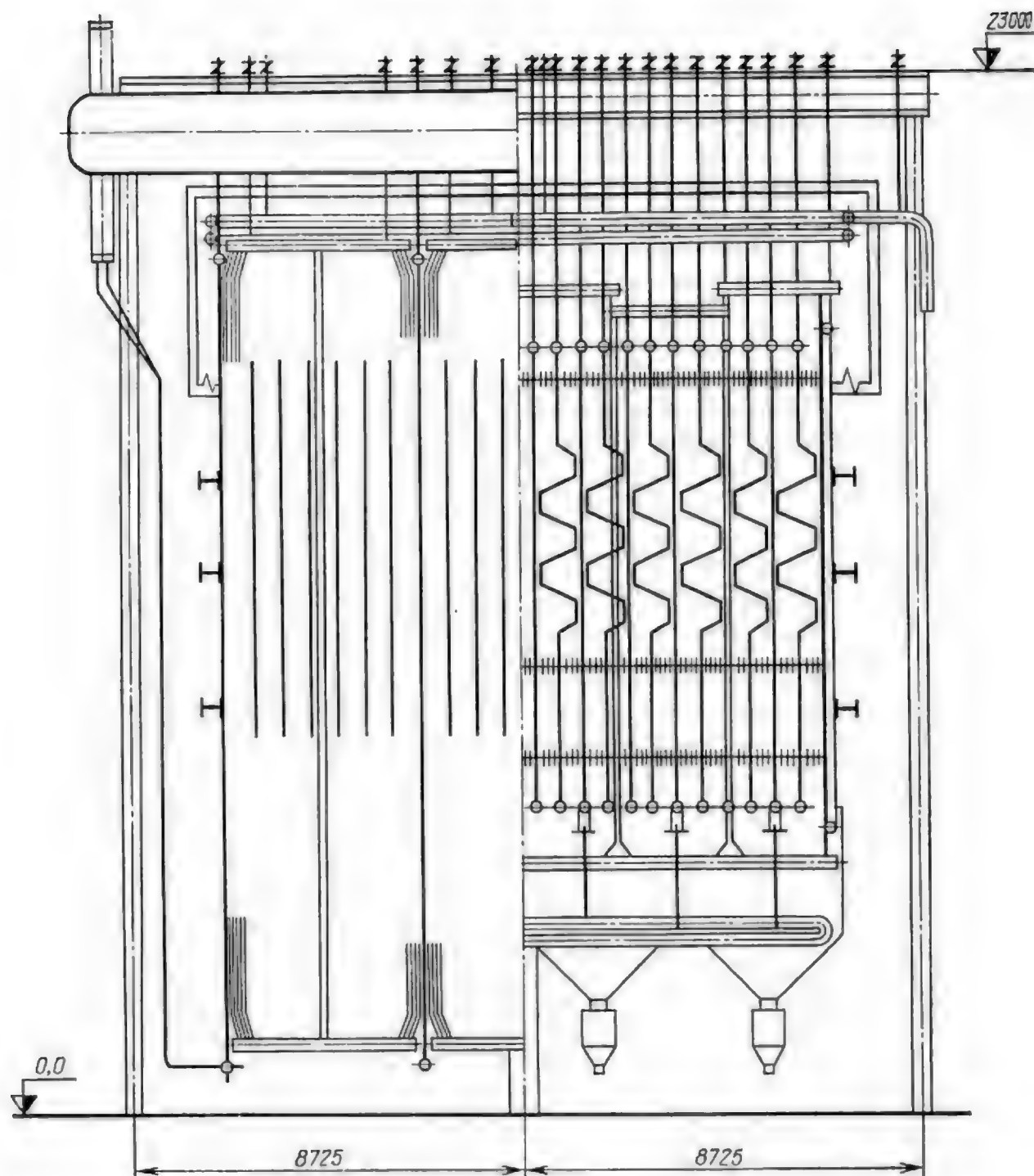


Рис. 60. Поперечный разрез котла Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428)

В состав пароперегревателя входят: ограждающие поверхности конвективных газопроходов и разделительные экраны подъемного и опускных газопроходов, выполненных газоплотными из плавниковых труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 20), расстояние по вершинам плавников 46 мм.

Цельносварные топочные ширмы, выполненные из труб  $\varnothing 32 \times 5 \times 46$  мм (12Х1МФ), ширмоконвективные элементы опускного и подъемного газопроходов, представляющие собой сочетание ЗИГ (зигзагообразного) конвективного и ширмового элементов. Ширмовый элемент выполняется цельносварным из труб  $32 \times 5 \times 46$  мм (12Х1МФ), конвективный – из

гладких труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ, 12Х16Н12Т).

Пароперегреватель выполнен двухпоточным, оба потока симметричны. Регулирование температуры перегрева пара осуществляется впрыском собственного конденсата.

Водяной экономайзер мембранного типа расположен во втором опускном газоходе и состоит из двух ступеней: нижней (входной) и верхней (выходной). Змеевики экономайзера расположены параллельно фронту котла в шахматном порядке для труб  $\varnothing 28 \times 4$  мм (сталь 20). Экономайзер подвешен на водоотводящих трубах  $\varnothing 76 \times 7,5$  мм.

Все места прохода поверхностей нагрева через ограждающие экраны уплотнены сварными коробами, имеющими компенсаторы температурных расширений.

Для подогрева воздуха в котле применяют вращающийся регенеративный воздухоподогреватель диаметром 8,8 м (РВП-88), вынесенный из зданий котельной.

Обмуровка котла отсутствует и вместо нее применена изоляция, которая крепится специальными шпильками к газоплотным экранам.

Для очистки поверхностей нагрева, расположенных во втором опускном газоходе, применяется дробеструйная установка, а для очистки регенеративного воздухоподогревателя – паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом требований ремонтпригодности. Проект предусматривает изготовление котла в крупноблочном исполнении.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла водой, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

Котел поставляется крупными, транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                         |                      |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                 | 500                  |
| Явление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)           |
| Температура, °С:                                                        |                      |
| перегретого пара                                                        | 560                  |
| питательной воды                                                        | 230                  |
| уходящих газов                                                          | 100                  |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке %:                                |                      |
| расчетный                                                               | 95,9                 |
| гарантийный                                                             | 94,0                 |
| Расход топлива:                                                         |                      |
| натурального (газа), м <sup>3</sup> /ч                                  | 37,3·10 <sup>3</sup> |
| условного, т/ч                                                          | 44,7                 |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                  | 30                   |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по сторонам, мм вод. ст.:         |                      |
| газовой                                                                 | 515,6                |
| воздушной                                                               | 485,5                |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 300                  |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | 421·10 <sup>3</sup>  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | 865,4                |
| Габаритные размеры ячейки по осям, м:                                   |                      |
| ширина                                                                  | 24                   |
| глубина                                                                 | 30                   |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 24,73                |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих                   |                      |

|                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч                   | 100  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                           | 5    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне обслуживания, дБ                             | 85   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup> | 0,35 |

#### 4.13. Котел Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430)

Котел Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430) (рис. 61, 62) предназначен для работы на кузнецком, донецком каменных углях и карагандинском промпродукте (резервное топливо – газ) в блоке с теплофикационной турбиной ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ) или Т-100/100-130 (ПО ЛМЗ) и др.

Котел с естественной циркуляцией, однобарабанный, однокорпусный, закрытой П-образной компоновки, с уравновешенной тягой, рассчитан на высокие параметры пара. Котел может работать с температурой питательной воды 160 °С при сохранении номинальной паропроизводительности (при отключенных ПВД).

Топочная камера открытого типа, призматическая, прямоугольного сечения с размерами топки по осям труб 16,08х8,64 м.

Стены топочной камеры экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм и вваренной полосы размером 6х21,5 мм. Материал труб и полосы – сталь 20.

В верхней части топочной камеры трубы радиационного пароперегревателя образуют аэродинамический выступ в сторону топки.

Топка оборудована восемью плоскофакельными пылегазовыми горелками, расположенными на фронтальной и задней ее стенках в один ярус.

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16 НГМА).

Схема испарения пара двухступенчатая, с промывкой пара. Первая ступень представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами. Второй ступенью служат выносные сепарационные циклоны.

Вода из барабана к испарительным экранам подводится по трубам Ø 133х13 мм (сталь 20) к стоякам Ø 426х36 мм, из которых подается в нижние камеры экранов по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Пароводяная смесь отводится из экранов в барабан по трубам Ø 133х13 мм и 159х15 мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры, конвективной шахты и опускающего газохода экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб Ø 32х5 мм с вваренной полосой размерами 6х21,5 мм (сталь 20). В верхней части топочной камеры (с фронта и по одной панели бокового экрана) расположен радиационный пароперегреватель, выполненный из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ).

В переходном газоходе размещены ширмовый и конвективный пароперегреватели, выполненные из труб Ø 32х5 мм и Ø 36х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Выходная часть конвективного пароперегревателя выполнена из труб Ø 32х4 мм (сталь 12Х18Н12Т).

В конвективной шахте по ходу газов установлены две секции водяного экономайзера. Змеевики экономайзера расположены параллельно фронту котла и выполнены из труб Ø 28х4 мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха используется комбинированный воздухоподогреватель, состоящий из трубчатого воздухоподогревателя для подогрева первичного воздуха и двух регенеративных воздухоподогревателей для подогрева вторичного воздуха. Трубчатый

воздухоподогреватель выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 2$  мм (сталь Вст. 2сп), регенеративные воздухоподогреватели имеют диаметр 6,8 м и вынесены за пределы котла.

Тракт пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегрева пара регулируется впрыском собственного конденсата. В режимах работы котла с температурой питательной воды  $160^\circ\text{C}$  регулирование температуры перегрева пара осуществляется впрыском питательной воды (первый впрыск) и собственного конденсата.

Обмуровка котла натрубная, с облегченной изоляцией, крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту.

Для очистки поверхностей нагрева экранов топки, конвективных поверхностей нагрева, расположенных в горизонтальном газоходе, применены обдувочные аппараты. Для очистки поверхностей нагрева экономайзера предусмотрена дробеочистка, а регенеративного вращающегося воздухоподогревателя – водяная обмывка и паровая обдувка.

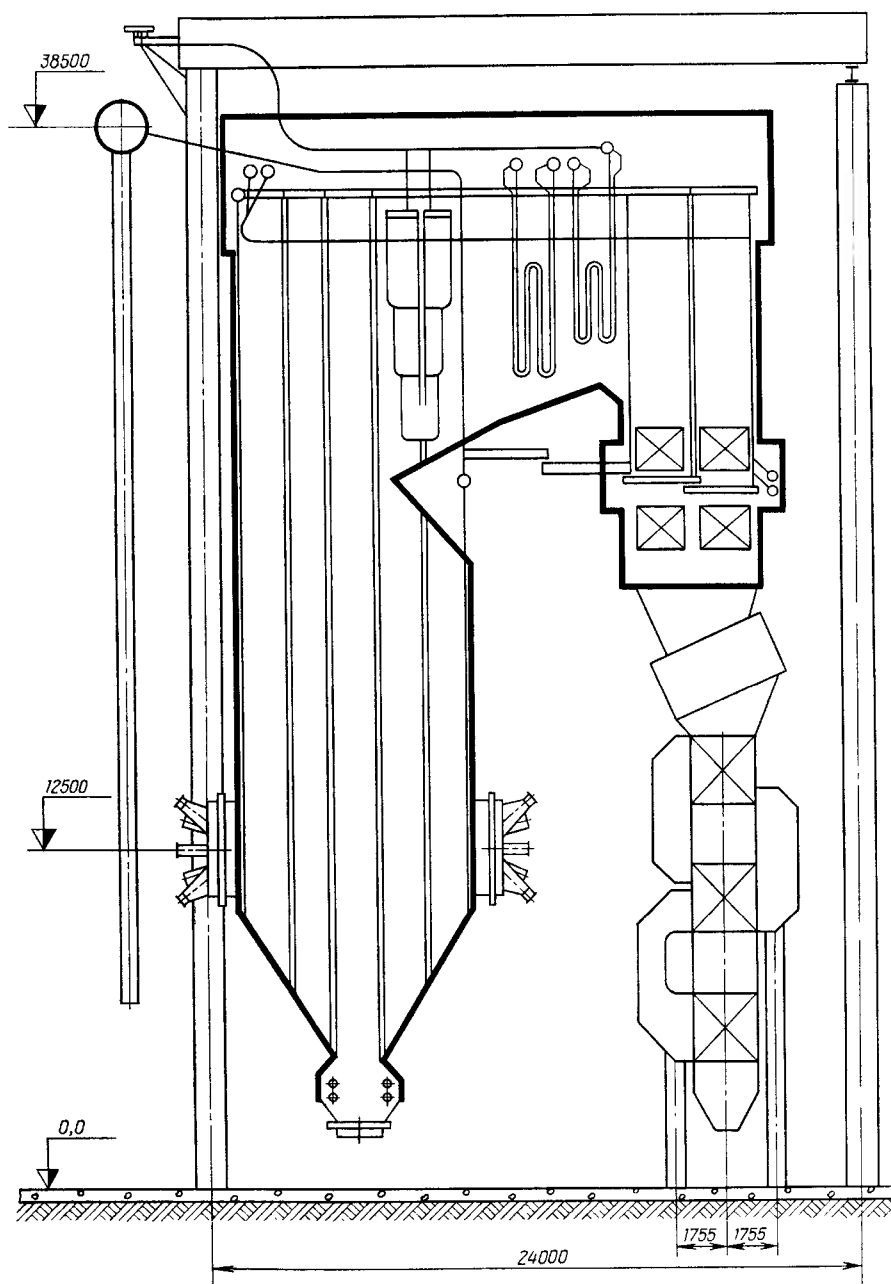


Рис. 61. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430)

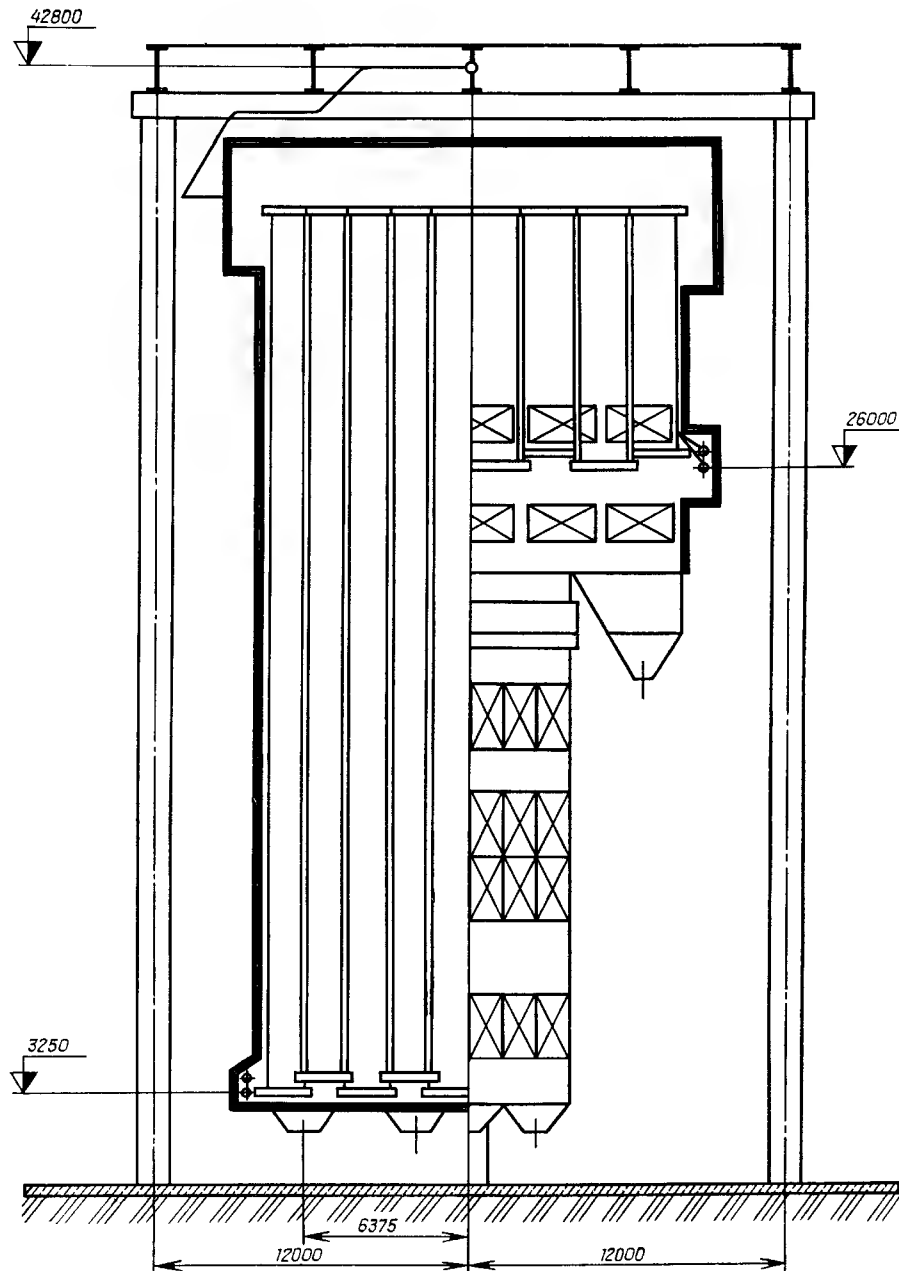


Рис. 62. Поперечный разрез котла Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430)

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода. Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирование температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

#### Технические характеристики

|                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------|------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                      | 500        |
| Давление пара на выходе из котла, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140) |
| Температура, °С:                                             |            |
| перегретого пара                                             | 560        |

|                                                                                                                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| питательной воды                                                                                                    | 230/160*             |
| уходящих газов                                                                                                      | 147                  |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                           |                      |
| расчетный                                                                                                           | 91,6                 |
| гарантийный                                                                                                         | 90,6                 |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                |                      |
| натурального                                                                                                        | 59,6                 |
| условного                                                                                                           | 46,4                 |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                              | 30*                  |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по сторонам, мм вод. ст.:                                                     |                      |
| газовой                                                                                                             | 394                  |
| воздушной                                                                                                           | 376,7                |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 300                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                             | 2,40·10 <sup>6</sup> |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                          | 98,8·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 3300                 |
| Габаритные размеры ячейки по осям, м:                                                                               |                      |
| ширина                                                                                                              | 36                   |
| глубина                                                                                                             | 39                   |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 43                   |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                               | 5                    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне обслуживания, дБ                                                                 | 85                   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                     | 0,75                 |

\* В числителе приведена температура питательной воды при нормальном режиме, в знаменателе – при отключенном ПВ

#### 4.14. Котел Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431)

Котел Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431) (рис. 63, 64) предназначен для работы при совместном и раздельном сжигании доменного, коксового (с высокой теплотворной способностью) газов и промпродукта в блоке с теплофикационной турбиной ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ) или Т-100/110-130 (ПО ТМЗ) и др.

Котел однобарабанный, однокорпусный, с естественной циркуляцией, закрытой П-образной компоновки, с уравновешенной тягой, рассчитан на высокие параметры пара.

В котле применен подогрев доменного газа с целью повышения производительности котла и его КПД. Этот подогрев осуществлен в подогревателе доменного газа промежуточным теплоносителем (инертным газом), который поступает из подогревателя инертных газов.

Топочная камера открытого типа, прямоугольного сечения с размерами по осям труб 16,8х8,64 м.

Стены топочной камеры экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм и вваренной полосы размерами 6х21,5 мм (сталь 20).

В верхней части топочной камеры трубы радиационного пароподогревателя образуют аэродинамический выступ в сторону топки.

Топка оборудована восемью плоскофакельными пылегазовыми горелками, расположенными на фронтальной и задней стенах в один ярус.

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

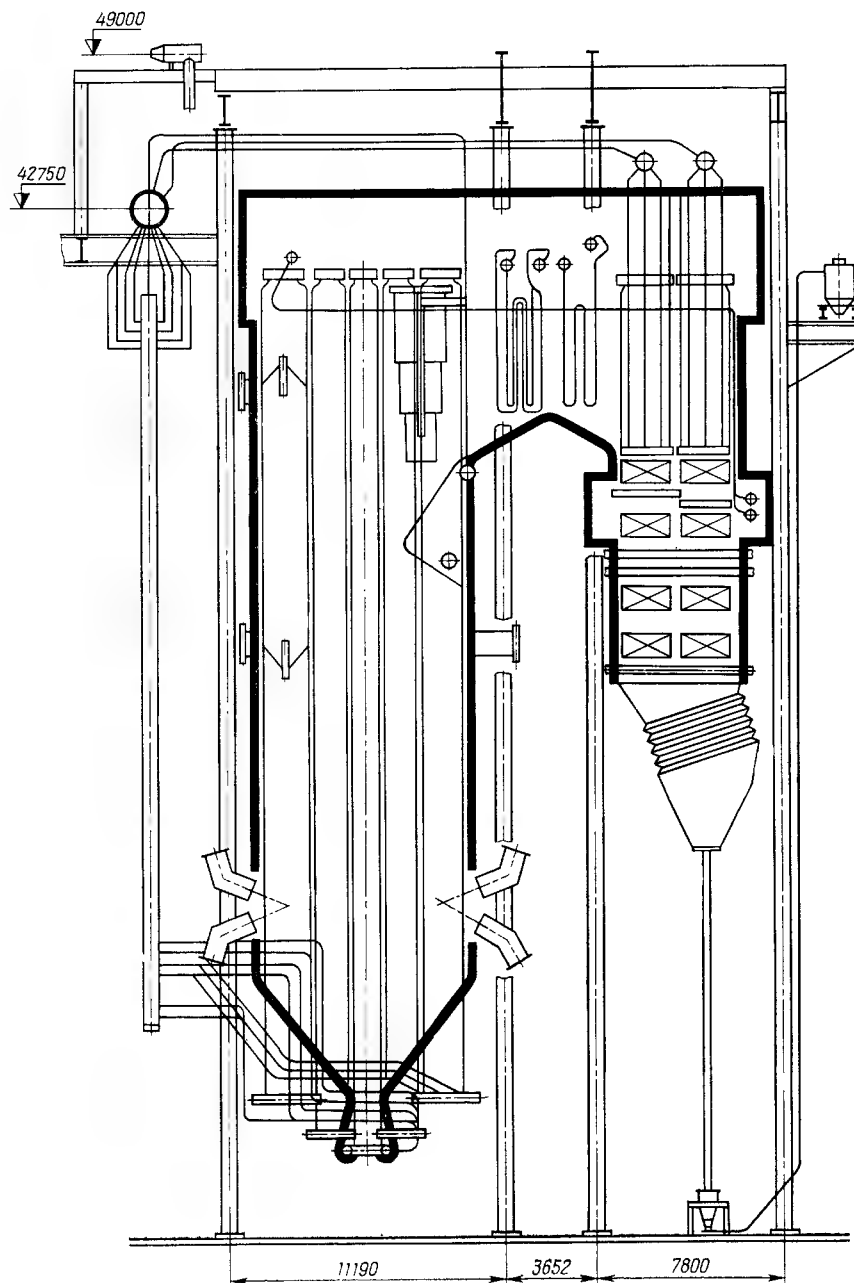


Рис. 63. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431)

Схема испарения – двухступенчатая, с промывкой пара. Первая ступень представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами. Второй ступенью служат выносные сепарационные циклоны.

Вода из барабана к испарительным экранам подводится по трубам  $\varnothing 133 \times 13$  мм (сталь 20) в стояки диаметром 426 мм с толщиной стенки 36 мм (сталь 20), из которых подается в нижние камеры экранов по трубам  $\varnothing 159 \times 15$  мм (сталь 20).

Пароводяная смесь отводится из экранов в барабан по трубам  $\varnothing 133 \times 13$  мм и  $159 \times 15$  мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры, конвективной шахты и опускного газохода экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм с вваренной полосой размерами  $6 \times 21,5$  мм (сталь 20).



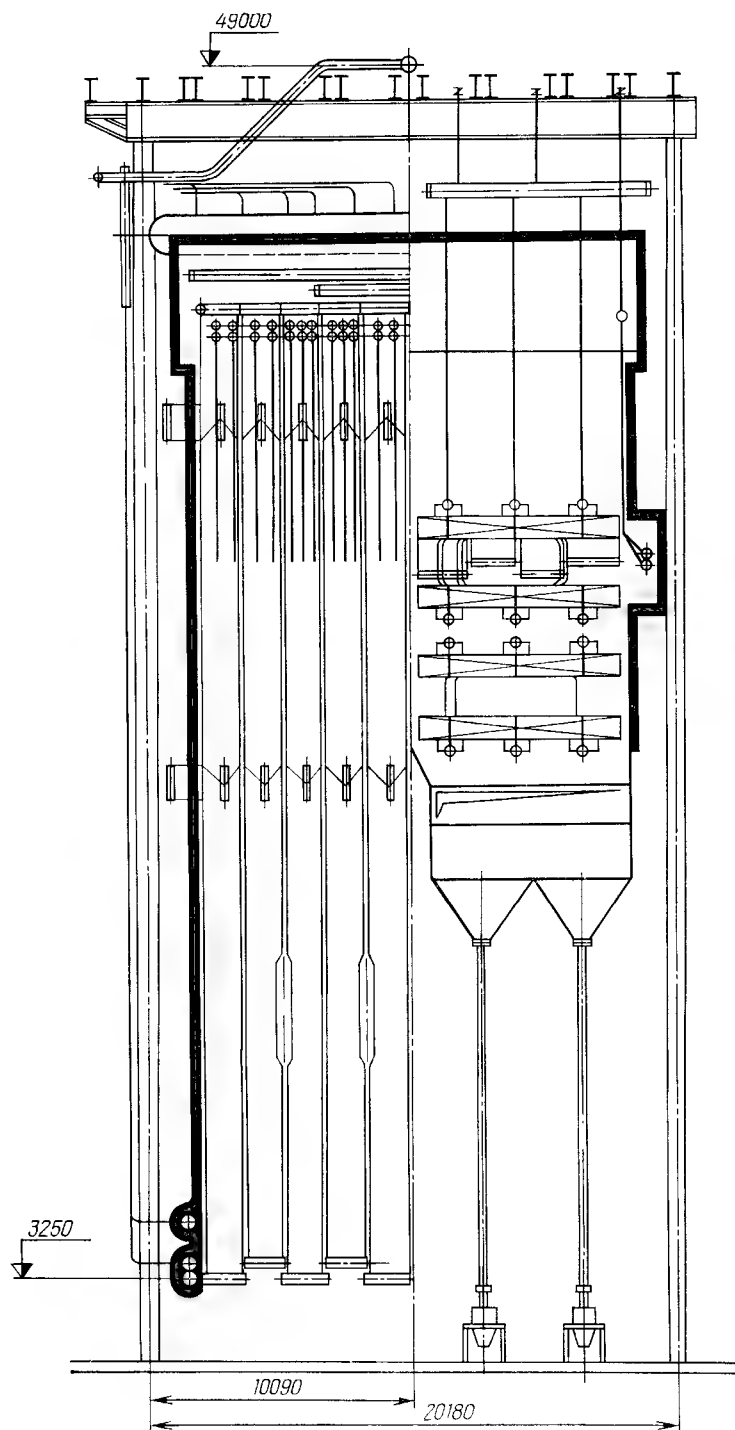


Рис. 64. Поперечный разрез котла Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПГЕ-431)

В верхней части топочной камеры (с фронта из одной панели с боковых экранов) расположен радиационный пароперегреватель, выполненный из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ).

В переходном газоходе размещены ширмовые и конвективные пароперегреватели из труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм и  $\varnothing 36 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ). Выходная часть конвективного пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

В конвективной шахте по ходу газов установлены две секции водяного экономайзера, змеевики которого расположены параллельно фронту котла и выполнены из труб  $\varnothing$

32x5 мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха предназначен воздухоподогреватель, выполненный в виде кубов, составленных из труб Ø 40x2 мм (сталь Вст.2сп). Воздухоподогреватель расположен отдельно от котла в одной колонке, где размещены секции трубчатого воздухоподогревателя (ТВП) и подогревателя инертных газов (ПИГ). ПИГ выполнен по типу ТВП. В другой, отдельно стоящей колонке, уставлены секции подогревателя доменного газа (ПДГ), выполненного так же в виде кубов из труб Ø 32x3,5 мм (сталь 20).

Тракт пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегрева пара регулируется тремя впрысками собственного конденсата; в отдельных режимах работы котла с температурой питательной воды 215 °С – температура пара регулируется впрыском питательной воды (первый впрыск) и собственного конденсата.

Обмуровка котла натрубная с облегченной изоляцией, которая крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту. Для очистки поверхностей нагрева водяного экономайзера предусмотрена дробеочистка, а для конвективных поверхностей нагрева, расположенных в горизонтальном газоходе, и для экранов топки – паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода. Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла и регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

#### Технические характеристики

|                                                                                                                     |                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                             | 500                  |
| Давление пара на выходе из котла, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                                                        | 13,8 (140)           |
| Температура, °С:                                                                                                    |                      |
| перегретого пара                                                                                                    | 560                  |
| питательной воды                                                                                                    | 230                  |
| уходящих газов                                                                                                      | 143                  |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                           |                      |
| расчетный                                                                                                           | 91,2                 |
| гарантийный                                                                                                         | 89                   |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                |                      |
| натурального                                                                                                        | 69,6                 |
| условного                                                                                                           | 41,8                 |
| Температура воздуха до калориферов, %                                                                               | 30                   |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по сторонам, мм вод. ст.:                                                     |                      |
| газовой                                                                                                             | 319                  |
| воздушной                                                                                                           | 420,6                |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 290                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                             | 2,04·10 <sup>6</sup> |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                          | 80·10 <sup>3</sup>   |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 3730                 |
| Габаритные размеры ячейки по осям, м:                                                                               |                      |
| ширина                                                                                                              | 54                   |
| глубина                                                                                                             | 36                   |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 48,5                 |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                  |

|                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                           | 5    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне обслуживания, дБ                             | 85   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup> | 0,75 |

#### 4.15. Котел Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427)

Опытно-промышленный котел Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427) (рис. 65, 66) предназначен для проверки в условиях промышленной эксплуатации конструктивных решений, определяющих малогабаритность, а также для работы в блоке с теплофикационными турбинами ПТ-80/100-130 (ПО ЛМЗ), Т-100/110-130 (ПО ТМЗ) и др. Котел рассчитан на сжигание углей Канско-Ачинского бассейна (Березовского, Назаровского месторождений) с жидким шлакоудалением.

Котел однокорпусный, однобарабанный с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, работает с уравновешенной тягой в закрытом помещении.

Топочная камера вихревого типа состоит из горизонтальной цилиндрической камеры горения условным диаметром 4,4 м и призматической камеры охлаждения глубиной по осям труб 5,89 м и шириной топочной камеры по осям труб 16,15 м.

Два двухсветных экрана, расположенные параллельно боковым стенкам, делят топочную камеру по ширине на три отсека, соединенные в нижней части лазами в двухсветных экранах. Все испарительные экраны топки выполняют в виде газоплотных цельносварных панелей из гладких труб Ø 50x5 мм и шагом 70 мм методом вварки проставок (сталь 20). Двухсветные экраны состоят из гладких труб Ø 60x6 мм с шагом 80 мм (сталь 20). Внутренняя поверхность экранов камеры горения, в том числе двухсветных, ошпирована и покрыта карборундовой обмазкой до отметки 10,4 м. В подовой части заднего экрана каждого отсека имеются разводки труб под летку для вывода жидкого шлака. В целях устранения очагов шлакования в выходном окне топки отсутствует традиционный фестон, и задний экран топки переходит непосредственно в подовый экран переходного газохода.

На фронтальной стене камеры горения под углом 15° к горизонтали расположены шесть прямооточных пылеугольных горелок производительностью по 11,8 т/ч каждая (по две в каждом отсеке топочной камеры).

В целях расширения возможности исследования влияния температуры на выходе из топки на шлакование поверхностей нагрева и для защиты их от шлакования предусмотрена рециркуляция дымовых газов в верхнюю часть топки с установкой сопел на фронтальной стене.

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Вода из барабана по 32 трубам Ø 133x13 мм поступает к четырем водоопускным стоякам Ø 426x36 мм. От стояков отходит разводка к нижним коллекторам.

Схема испарения двухступенчатая. Паро-паровая смесь первой ступени испарения из фронтального, заднего, двухсветных и примыкающих к фронту боковых экранов поступает во внутрибарабанные циклоны. Во вторую ступень испарения включены блоки боковых экранов, примыкающие к заднему экрану, и два выносных циклона диаметром 426 мм с толщиной стенки 36 мм, расположенные у боковых стен топочной камеры.

Пароводяная смесь из экранов отводится по трубам диаметрами 133 и 159 мм.

В состав пароперегревателя входят радиационный пароперегреватель, панели, экраны, ограждающие стены переходного газохода, ограждающие поверхности опускного газохода, панели, ограждающие потолок топочной камеры, ширмы топки, ширмы переходного газохода первой и второй ступеней и две части конвективного пароперегревателя.

Радиационный пароперегреватель, расположенный в верхней части фронтальной сте-

ны топки, выполнен как самостоятельная ограждающая поверхность нагрева из плавниковых труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм с расстоянием по вершинам плавников 46 мм (сталь 12Х1МФ). Панели радиационного пароперегревателя непосредственно переходят в потолочный экран. Панели потолка и настенных ограждений опускающего газохода сварены из плавниковых труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм с расстоянием по вершинам плавников 46 мм (сталь 20), а боковые экраны переходного газохода – из труб  $\varnothing 50 \times 5$  мм с расстоянием по вершинам плавников 70 мм (сталь 12Х1МФ).

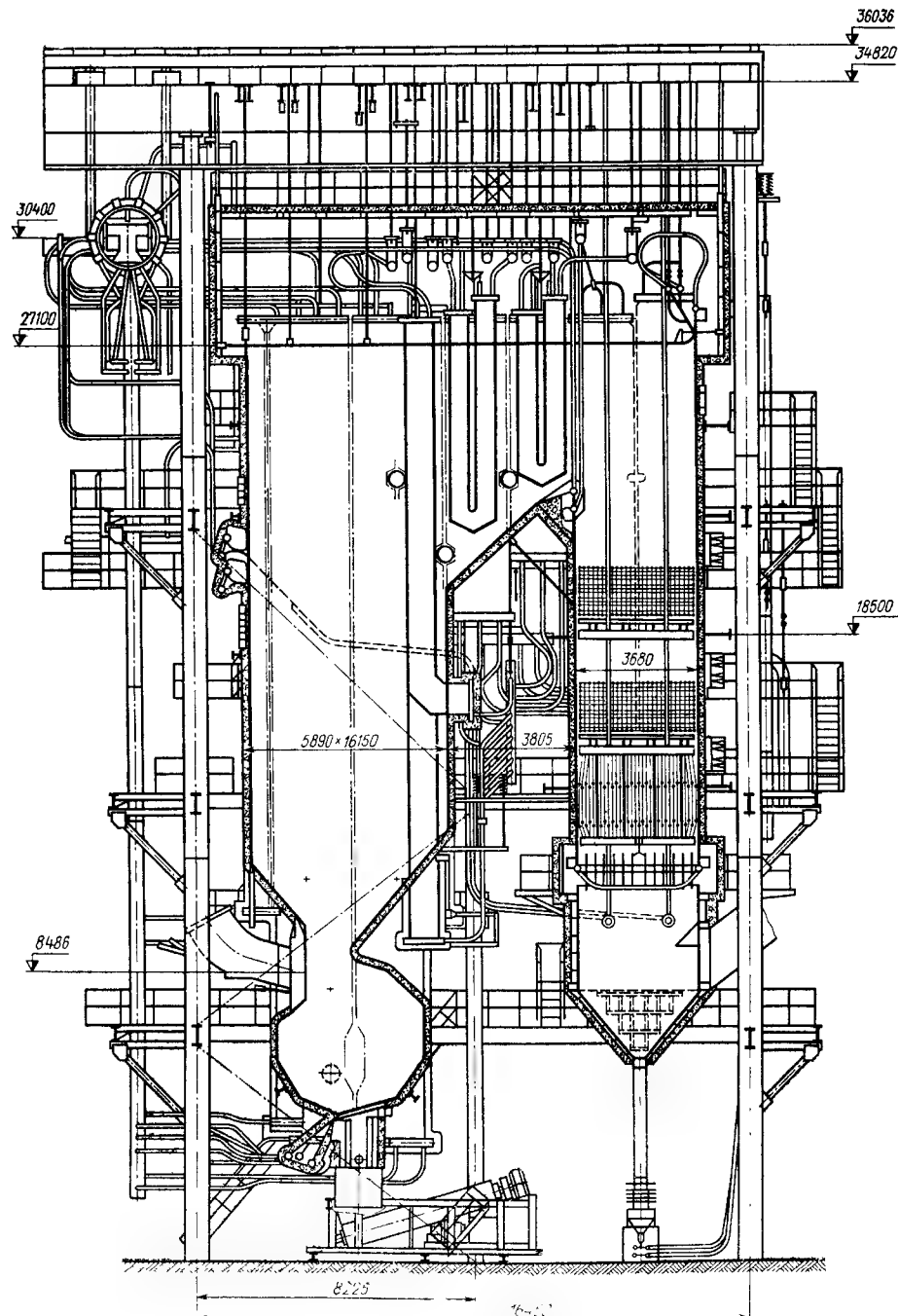


Рис. 65. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427)



С целью поддержания заданной температуры перегретого пара предусмотрены два впрыска по ходу пара. Первый впрыск за топочными ширмами (перед ширмами в переходном газоходе); второй – перед выходной частью конвективного пароперегревателя.

Все проходы поверхностей нагрева через ограждающие поверхности уплотнены. Над потолочным пароперегревателем расположен уплотнительный шатер, места прохода труб и подвесок уплотнены сальфонами.

Опорные коллекторы и подвесные трубы охлаждаются питательной водой от водяного экономайзера. Для обеспечения умеренных скоростей в подвесных трубах часть питательной воды после выходного коллектора экономайзера направляется в восемь байпасных труб  $\varnothing 76 \times 10$  мм (сталь 20). Водяной экономайзер мембранного типа выполнен в виде одного пакета по высоте. В газоходе помещены змеевики с продольным шагом 120 мм, и имеющие шахматное расположение параллельно фронту. Змеевики состоят из труб  $\varnothing 28 \times 4$  мм, высота мембранных проставок 60 мм (сталь 20). Водяной экономайзер крепится с помощью подвесных труб.

Для подогрева воздуха применяется трубчатый воздухоподогреватель, который расположен за пределами здания котельной. Конструктивно он состоит из «холодной» и «горячей» частей, в промежутке между которыми производится отбор газов на сушку топлива.

Обмуровка на котле отсутствует и вместо нее применена изоляция, которая крепится на цельно сварных панелях.

С учетом шлакующих свойств золы котел оборудован системой комплексной очистки. Очистка фронтного, двухсветных и боковых экранов осуществляется тремя аппаратами водяной обдувки типа АВОД-БЛ. Топочные ширмы очищаются пушечной обдувкой, сопла которой размещаются на отметке 22,83 м и потолке топки. Ширмовый пароперегреватель, расположенный в переходном газоходе, очищается глубоководными аппаратами типа ОГ-8 в сочетании с пушечной обдувкой, размещенной на задней стене опускного газохода на отметке 25,5 м под углом  $15^\circ$  к горизонтали. Поверхности нагрева, расположенные в опускном газоходе, очищаются дробью с пневмовыбросом и аппаратами импульсной очистки.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирование температуры перегретого пара и горения автоматизированы. На котле также предусмотрены средства тепловой защиты.

### Технические характеристики

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 500        |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140) |
| Температура, $^\circ\text{C}$ :                                          |            |
| перегретого пара                                                         | 560        |
| питательной воды                                                         | 230        |
| уходящих газов                                                           | 154/177*   |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |            |
| расчетный                                                                | 90,2/89,3* |
| гарантийный                                                              | —          |
| Расход топлива, т/ч:                                                     |            |
| натурального                                                             | 83,0/99,9* |
| условного                                                                | 48         |
| Температура воздуха до калорифера, $^\circ\text{C}$                      | 30         |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |            |

|                                                                                                                     |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| газовой                                                                                                             | 329,4/278,6*        |
| воздушной                                                                                                           | 751,8/695,6*        |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 302                 |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                          | 175·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 1865,4              |
| Размеры ячейки по осям труб, м;                                                                                     |                     |
| ширина                                                                                                              | 33                  |
| глубина                                                                                                             | 36                  |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 36,1                |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100                 |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                               | 5                   |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                     | 85                  |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                     | 0,4–0,5             |

\* В числителе показатели при сжигании березовского угля, в знаменателе – назаровского

#### 4.16. Котел Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429)

Котел Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429) (рис. 67, 68) предназначен для работы на кузнечном СС, Донецких каменных углях, карагандинском промпродукте и природном газе с теплофикационными турбинами мощностью 80 МВт.

Котел с естественной циркуляцией, однобарабанный, однокорпусный, закрытой П-образной компоновки, с уравновешенной тягой, рассчитан на высокие параметры пара.

Котел может работать с температурой питательной воды 160 °С при сохранении номинальной паропроизводительности (при отключенных ПВД).

Топочная камера открытого типа, призматическая, прямоугольного сечения с размерами топки по осям труб 12,88х8,64 м.

Стены топочной камеры экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм и вваренной полосы размерами 6х21,5 мм. Материал труб и полосы – сталь 20.

В верхней части топочной камеры трубы радиационного пароперегревателя образуют аэродинамический выступ в сторону топки. Топка оборудована восемью плоскофакельными пылеугольными горелками, расположенными на фронтальной и задней стенках в один ярус.

Барабан котла имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16НГМА).

Схема испарения пара двухступенчатая с продувкой пара. Первая ступень представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами. Второй ступенью служат выносные сепарационные циклоны.

Вода из барабана к испарительным экранам подводится по трубам Ø 133х13 мм (сталь 20) и стоякам диаметром 426 мм с толщиной стенки 36 мм, из которых подается в нижние камеры экранов по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Пароводяная смесь отводится из экранов в барабан по трубам диаметром 133х13 и 159х13 мм (сталь 20).

Стены и под переходного газохода, потолок топочной камеры, конвективной шахты и опускающего газохода экранированы цельносварными мембранными панелями из гладких труб Ø 32х5 мм с вваренной полосой размерами 6х21,5 мм (сталь 20). В верхней части топочной камеры расположен радиационный пароперегреватель, выполненный из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ).

В переходном газоходе размещены ширмовый и конвективный пароперегреватели, выполненные из труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм и  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ).

Выходная часть конвективного пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ).

В конвективной шахте по ходу газов установлены две секции водяного экономайзера. Змеевики экономайзера расположены параллельно фронту котла и выполнены из труб  $\varnothing 28 \times 4$  мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха используется комбинированный воздухоподогреватель, состоящий из трубчатого воздухоподогревателя для подогрева первичного воздуха и регенеративного воздухоподогревателя для подогрева вторичного воздуха. Трубчатый воздухоподогреватель выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 2$  мм (сталь Вст.2сп), регенеративный воздухоподогреватель имеет диаметр 6,8 м и вынесен за пределы котла.

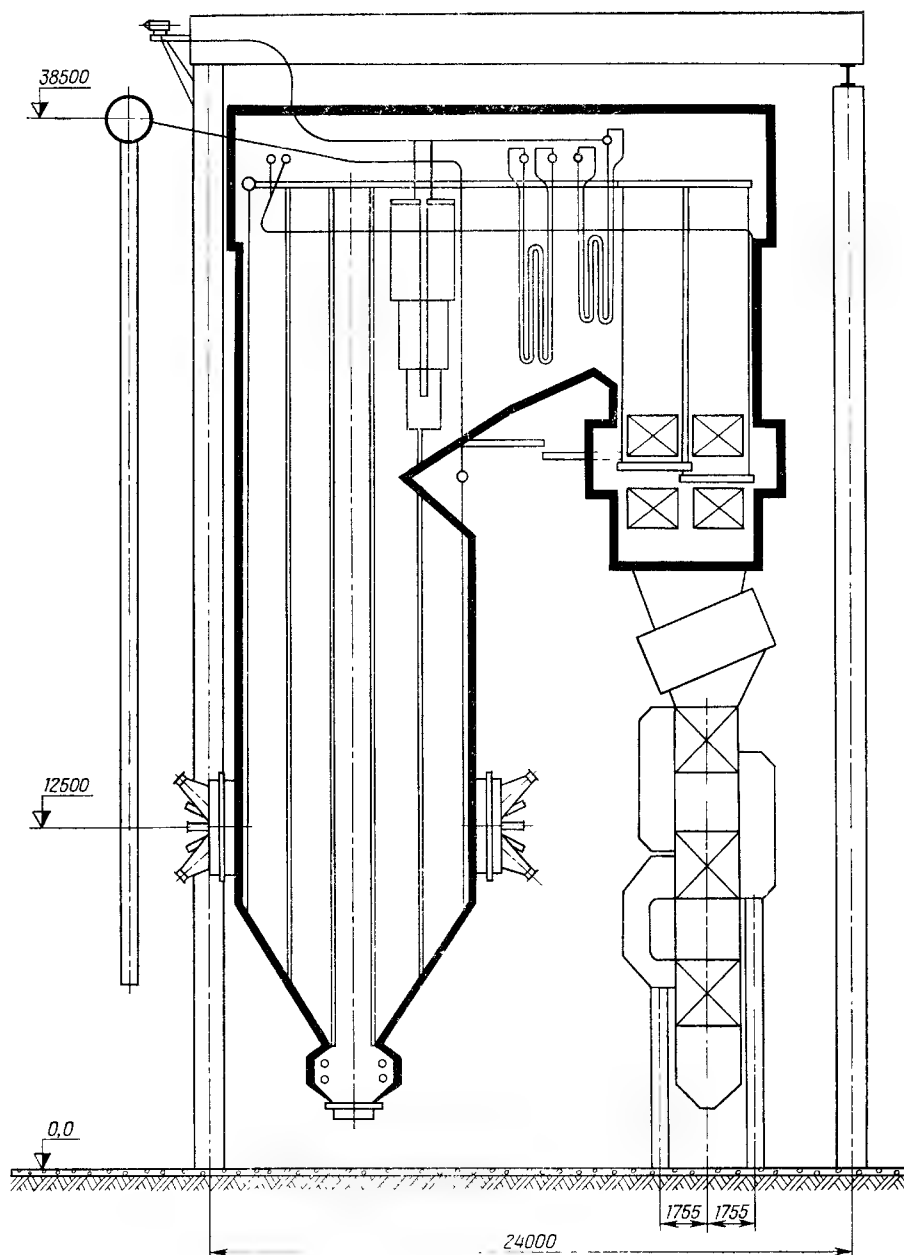


Рис. 67. Продольный разрез котла Е-420-13,8-560 КДТ (ТРЕ-429)



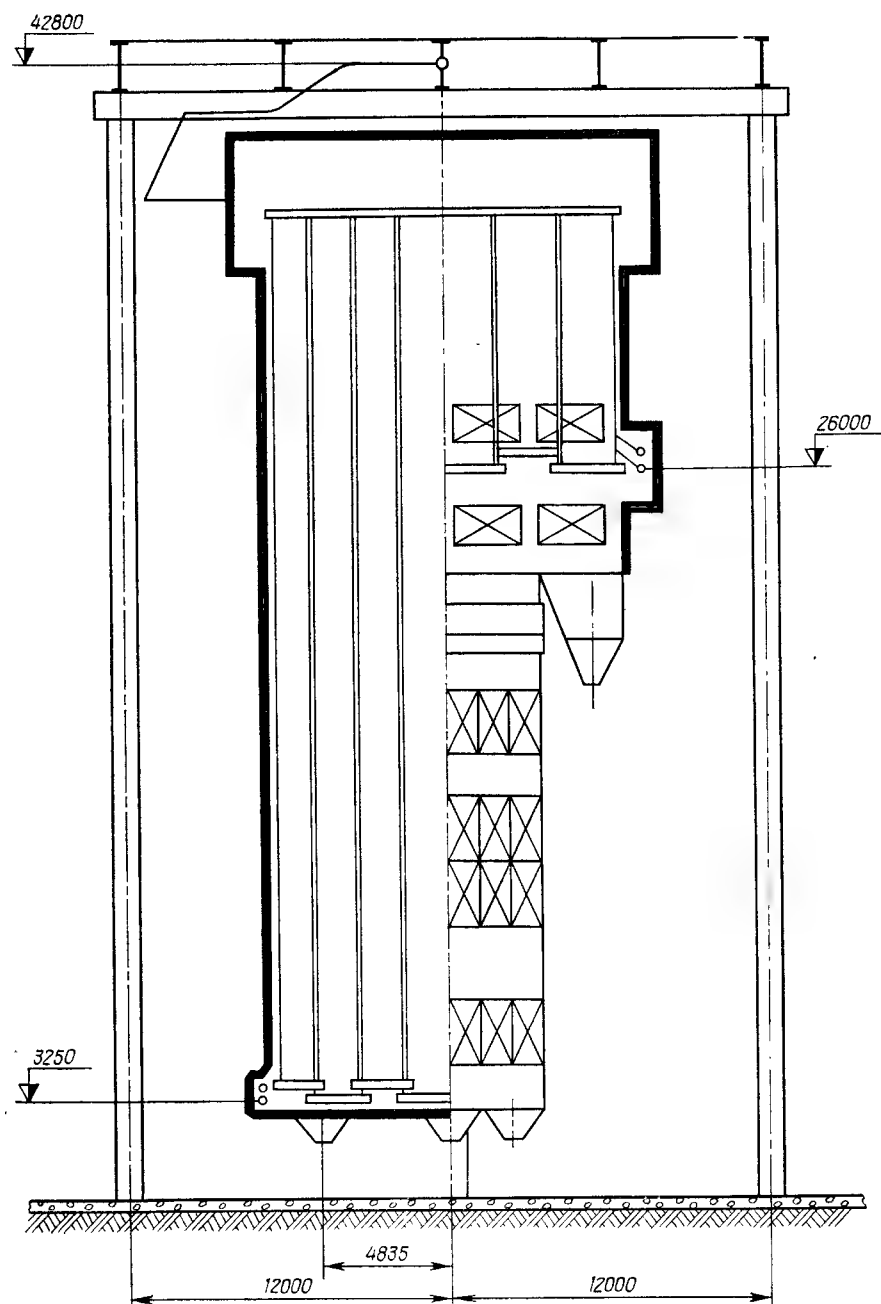


Рис. 68. Поперечный разрез котла Е-420-13,8-560 КДТ (ТРЕ-429)

Тракт пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегрева пара регулируется впрыском собственного конденсата. В режимах работы котла с температурой питательной воды 160 °С регулирование температуры перегрева пара осуществляется впрыском питательной воды (первый впрыск) и собственного конденсата.

Обмуровка котла выполнена в виде натрубной облегченной изоляции, которая крепится на цельносварных панелях, ограждающих топочную камеру, переходный газоход и конвективную шахту.

Для очистки поверхностей нагрева экранов топки, конвективных поверхностей нагрева, расположенных в газоплотном газоходе, применены обдувочные аппараты; для очистки поверхностей экономайзера предусмотрена дробеочистка, для регенеративного воздухоподогревателя – водяная обмывка и паровая обдувка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

### Технические характеристики

|                                                                                                                     |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                             | 400              |
| Давление пара на выходе пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                                               | 13,8 (140)       |
| Температура, °С:                                                                                                    |                  |
| перегретого пара                                                                                                    | 560              |
| питательной воды                                                                                                    | 230/160*         |
| уходящих газов                                                                                                      | 152              |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                           |                  |
| расчетный                                                                                                           | 91,9             |
| гарантийный                                                                                                         | 91,0             |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                |                  |
| натурального                                                                                                        | 41,8             |
| условного                                                                                                           | 36,9             |
| Температура воздуха до калорифера, °С                                                                               | 30               |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                      |                  |
| газовой                                                                                                             | 351,7            |
| воздушной                                                                                                           | 560,1            |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                     | 230              |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                             | $2,3 \cdot 10^6$ |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                          | $100 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                               | 2550             |
| Размеры ячейки по осям труб, м:                                                                                     |                  |
| ширина                                                                                                              | 36               |
| глубина                                                                                                             | 39               |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                  | 43               |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч | 100              |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                               | 5                |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                     | 85               |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                     | 0,6              |

\* В числителе приведена температура питательной воды при номинальном режиме, в знаменателе – при отключенном ПВД.

## 5. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПОДОЛЬСКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА (ЗиО)

### 5.1. Котел Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67)

Котел Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67) (рис. 69, 70) предназначен для работы на березовских бурых углях Канско-Ачинского месторождения в блоке с турбиной мощностью 800 МВт. Котел прямоточный на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, выполнен по Т-образной компоновке с уравновешенной тягой в газоплотном исполнении. Топочная камера, призматическая, открытая, с твердым шлакоудалением, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка представляет собой квадрат с размерами по осям труб 23,08х23,08 м. Для улучшения аэродинамических свойств в верхней части образован выступ в сторону топки.

Топочная камера полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 48 мм.

В нижней части топочной камеры 32 прямоточные горелки расположены тангенциально в четыре яруса на всех четырех стенах, что приводит к созданию единого вращающегося факела. Расстояние между ярусами 4,5–5,4 м.

В котле также предусмотрена рециркуляция газов через горелки в верхнюю часть топки.

Значительная высота топки и рециркуляция газов позволяют снизить температуру газов в ядре горения и на выходе из топки.

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты, в которых по ходу газов последовательно расположены симметрично конвективные пакеты пароперегревателей высокого и низкого давления и экономайзер.

На выходе из топочной камеры расположены ширмовые ступени пароперегревателя. Ширмовый перегреватель второй ступени ШПП-2 (первый по ходу газов) выполнен цельносварным из пластиковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ). За ШПП-2 расположен ШПП-3 из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т). ШПП-1 расположен после фестона и выполнен из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ).

На выходе из поворотных газоходов расположены выходные ступени пароперегревателя низкого давления (промперегревателя) в виде ширм из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ и сталь 12Х18Н12Т).

Конвективный пароперегреватель высокого давления состоит из труб Ø 38х7,5 мм и Ø 36х6,5 мм (выходной пакет и отводящие трубы из стали 12Х18Н12Т, первый пакет – из стали 12Х1МФ).

Конвективный промперегреватель выполнен из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ).

Водяной экономайзер мембранного типа с вваренной полосой между трубами Ø 42х6,5 мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха применен трубчатый воздухоподогреватель, установленный в особом пролете главного корпуса станций и выполненный из труб Ø 40х1,6 м (Ст. 3).

Пароводяной тракт котла состоит из двух симметричных потоков по первичному пару и четырех по вторичному.

Температура пара высокого давления регулируется изменением соотношения между расходом воды и топлива и впрыском питательной воды.

Температура пара промперегрева регулируется байпасированием паро-парового теплообменника. Секции паро-парового теплообменника установлены на отметке хребтовых балок рядом с котлом.

Места прохода змеевиков ширм и выходных ступеней пароперегревателей через цельносварные экраны котла закрыты специальными уплотнениями. Верхняя часть котла закрыта «теплым ящиком», в котором расположены камеры ширм и выходных ступеней

пароперегревателей.

Каркасы здания и котла совмещены. Котел подвешен к хребтовым балкам совмещенного каркаса. На газоплотных стенах котла устанавливается тепловая изоляция.

Котел оборудован комплексной системой очистки. Радиационные поверхности очищаются паровой и водяной обдувкой; ширмовые поверхности – глубоководными аппаратами паровой обдувки и «пушечной» обдувки; конвективные поверхности – дробеочисткой и импульсной очисткой.

Для очистки поверхностей нагрева воздухоподогревателя предусмотрена дробеочистка.

Шлакоудаление – сухое, с установкой шнековых шлакоудалителей.

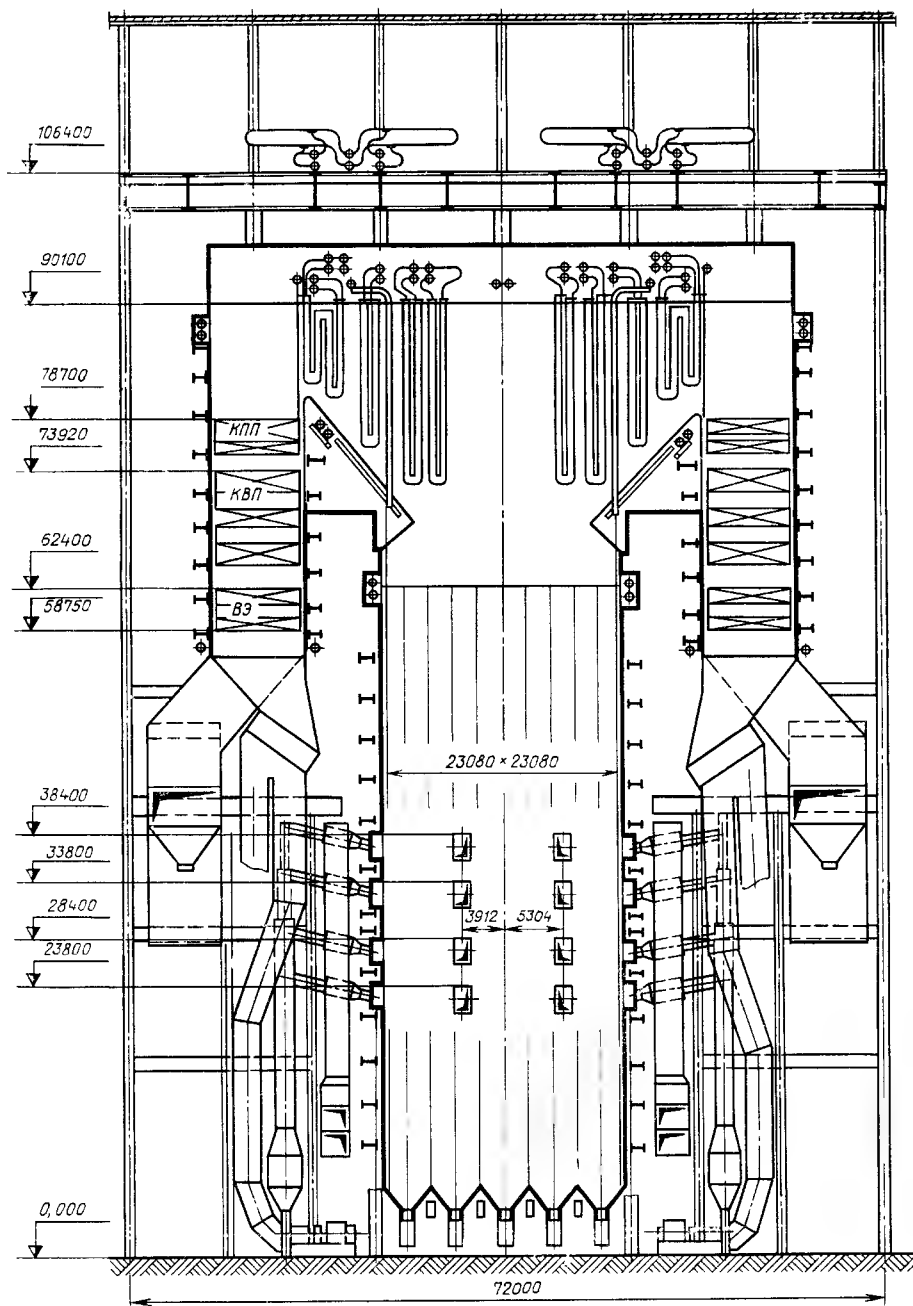


Рис. 69. Поперечный разрез котла Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67)

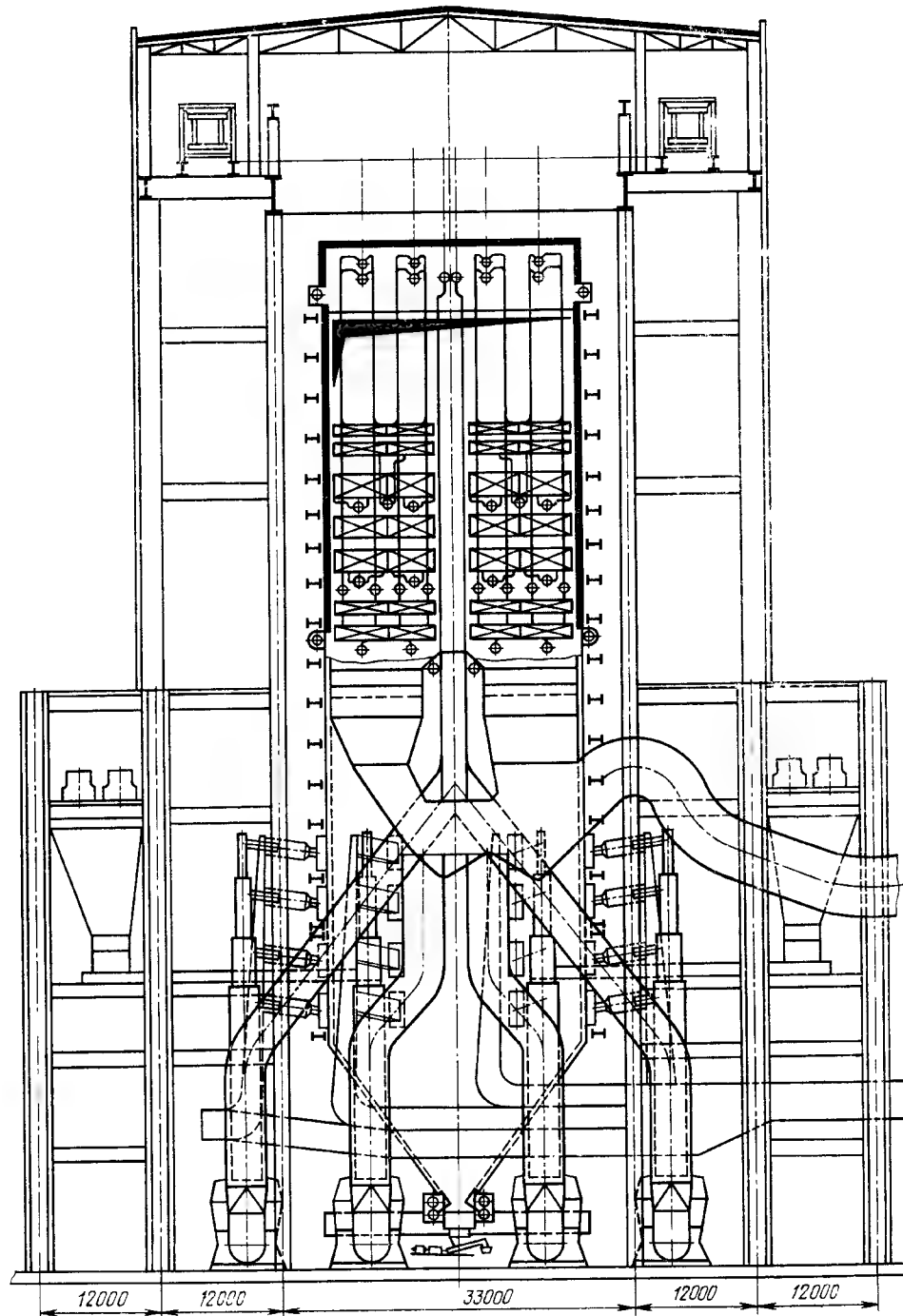


Рис. 70. Продольный разрез котла Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67)

Котел снабжен необходимой запорной регулирующей и дроссельной арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, автоматическим регулированием тепловых процессов, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты в требуемом объеме.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта и поставляется транспортными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                                                                      |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                              | 2650              |
| Вид основного топлива                                                                                                | Бурый уголь       |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                             | 2186              |
| Давление пара, МПа ( $\text{кг/см}^2$ ):                                                                             |                   |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                                                                     | 25,0 (255)        |
| промперегревателя:                                                                                                   |                   |
| на входе                                                                                                             | 4,0 (42)          |
| на выходе                                                                                                            | 3,6 (36,3)        |
| Температура, °С:                                                                                                     |                   |
| на выходе пара высокого давления                                                                                     | 545               |
| пара промперегрева:                                                                                                  |                   |
| на входе                                                                                                             | 285               |
| на выходе                                                                                                            | 542               |
| питательной воды                                                                                                     | 275               |
| уходящих газов                                                                                                       | 140*              |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                            |                   |
| расчетный                                                                                                            | 92,6*             |
| гарантийный                                                                                                          | 91                |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                 |                   |
| натурального (расчетный)                                                                                             | 484,1             |
| условного                                                                                                            | 258,6             |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                       |                   |
| газовой (собственно котла)                                                                                           | 105               |
| воздушной (воздухоподогревателя)                                                                                     | 178               |
| горелки (вторичного воздуха)                                                                                         | 101               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                      | 1650              |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                                                              |                   |
| воздуха:                                                                                                             |                   |
| на входе (подогрев воздуха обеспечивается рециркуляцией)                                                             | 55                |
| на выходе                                                                                                            | 333               |
| газов:                                                                                                               |                   |
| на входе                                                                                                             | 366               |
| на выходе                                                                                                            | 140               |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                               | 30                |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$                             | $3,4 \cdot 10^6$  |
| Тепловое напряжение объема топки, $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$                                          | $52,3 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, $\text{м}^3$                                                                                  | $44,5 \cdot 10^3$ |
| Размеры по осям колонн, м;                                                                                           |                   |
| ширина                                                                                                               | 24                |
| глубина                                                                                                              | 33                |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 106,4             |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                   |
| для труб поверхностей нагрева, а также                                                                               |                   |
| выходных камер пароперегревателя                                                                                     | 100               |
| для трубопроводов в пределах котла и камер                                                                           |                   |
| (кроме выходных камер пароперегревателя)                                                                             | 100               |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                | 3                 |

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                  | 85         |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup> | 0,3–0,35** |

\* С установкой ВВТО (водо-водяного теплообменника).

\*\* По опытным данным для пылеугольных котлов.

## 5.2. Котел Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р)

Котел Пп-1650-25-545/542 (П-57Р) предназначен для работы на экибастузских каменных углях повышенной зольности ( $A^d$  до 55%) в блоке с турбиной мощностью 500 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара, с промперегревом, однокорпусный, выполнен по Т-образной компоновке, с уравновешенной тягой и с твердым шлакоудалением (рис. 71, 72).

Топочная камера – призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении топка представляет собой прямоугольник с размерами по осям труб 9,84х21,84 м.

Топочная камера полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 46 мм.

Панели средней радиационной части, экранирующие боковые стенки топки, переходят в под горизонтального газохода. Вертикальные стены горизонтального газохода экранированы панелями ВРЧ. В переходной части топочной камеры расположены 16 двухсветных экранов L-образной формы.

Топочная камера оборудована 24 пылеугольными вихревыми горелками, расположенными встречно в два яруса на боковых стенах топки. Расстояние между ярусами 3,98 м.

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты, в которых по ходу газов расположены следующие поверхности нагрева: конвективного пароперегревателя высокого давления из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т); конвективного пароперегревателя промперегрева второй ступени из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х18Н12Т); два пакета конвективного промперегревателя первой ступени из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ); водяной экономайзер, который может изготавливаться как с поперечным оребрением из труб Ø 42х7 мм (сталь 20), так и гладкотрубным из труб Ø 32х6 мм (сталь 20).

В горизонтальных газоходах имеется ширмовый пароперегреватель (ШПП), первая ступень которого выполнена из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ), вторая ступень ШПП – из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Водяной тракт до встроенной задвижки имеет два независимых регулируемых потока.

Рабочая среда по первичному пару от входа до выхода из котла движется двумя не смешивающимися потоками, а по тракту промперегревателя – четырьмя самостоятельно регулируемыми потоками.

Змеевики конвективных поверхности нагрева расположены в шахматном порядке. Конвективные пакеты в каждой шахте разделяются на два полупакета, каждый из которых имеет свою входную и выходную камеры. Камеры конвективных пакетов расположены на фронтальной и задней стенках котла.

Температура пара высокого давления регулируется изменением соотношения между расходом воды и топлива и впрыском питательной воды.

Температура пара промперегрева регулируется байпасированием паро-парового теплообменника. Указанный теплообменник является ступенью промперегревателя.

Котел имеет собственный каркас. Для подогрева воздуха установлен трубчатый воз-

духоподогреватель. Воздух движется по Z-образной схеме в два хода при внешних перепускных воздуховодах. Движение воздуха и газов встречно-перекрестное.

Воздухоподогреватель выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (сталь 10).

Обмуровка котла в виде плит, крепится непосредственно к элементам каркаса котла или к каркасам блоков поверхностей нагрева.

Очистка поверхностей нагрева топки производится обдувкой, а ширмовых поверхностей – пневмоимпульсной очисткой.

Для очистки поверхностей нагрева воздухоподогревателя применяется промывка и обдувка через стационарные трубы.

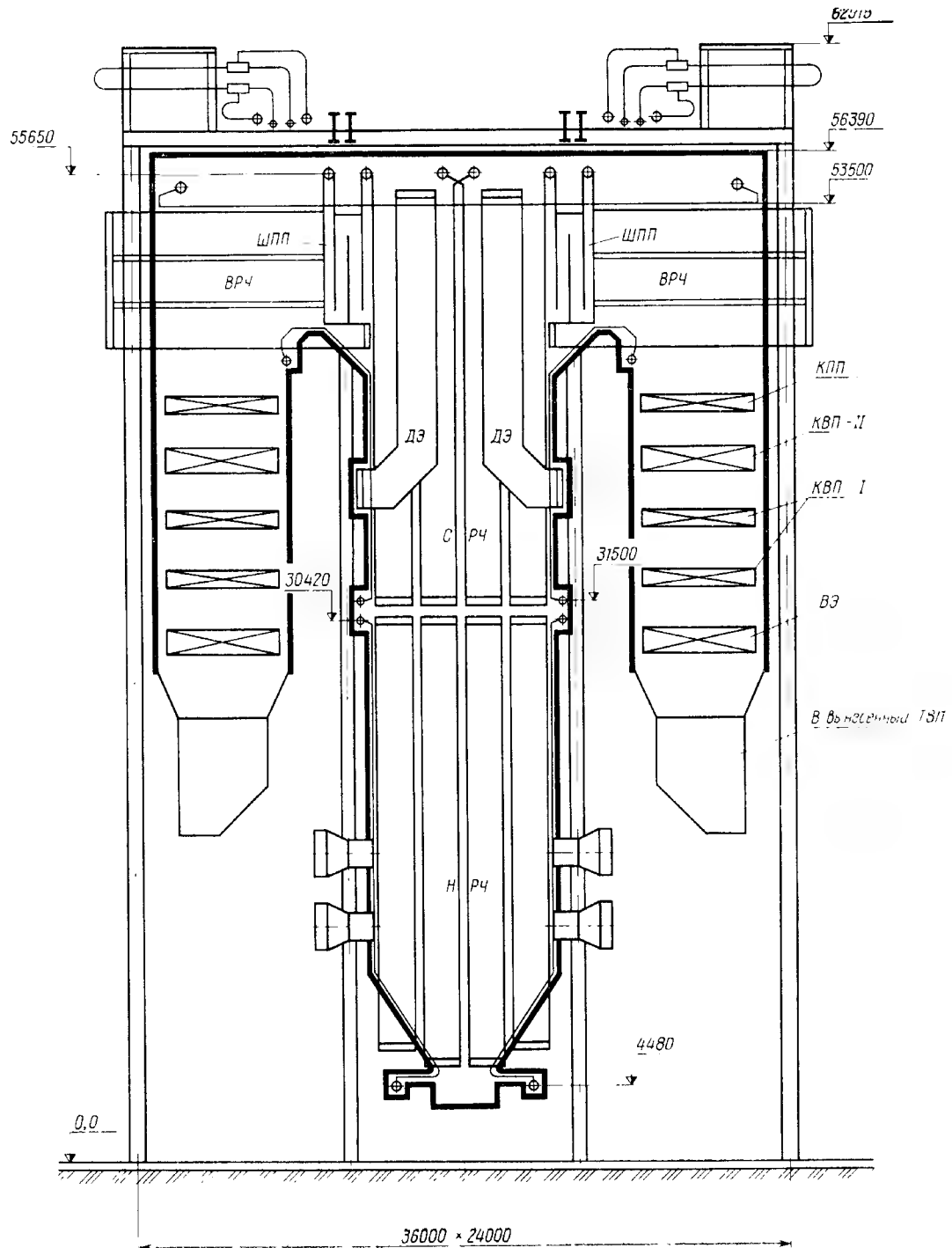


Рис. 71. Продольный разрез котла Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р)



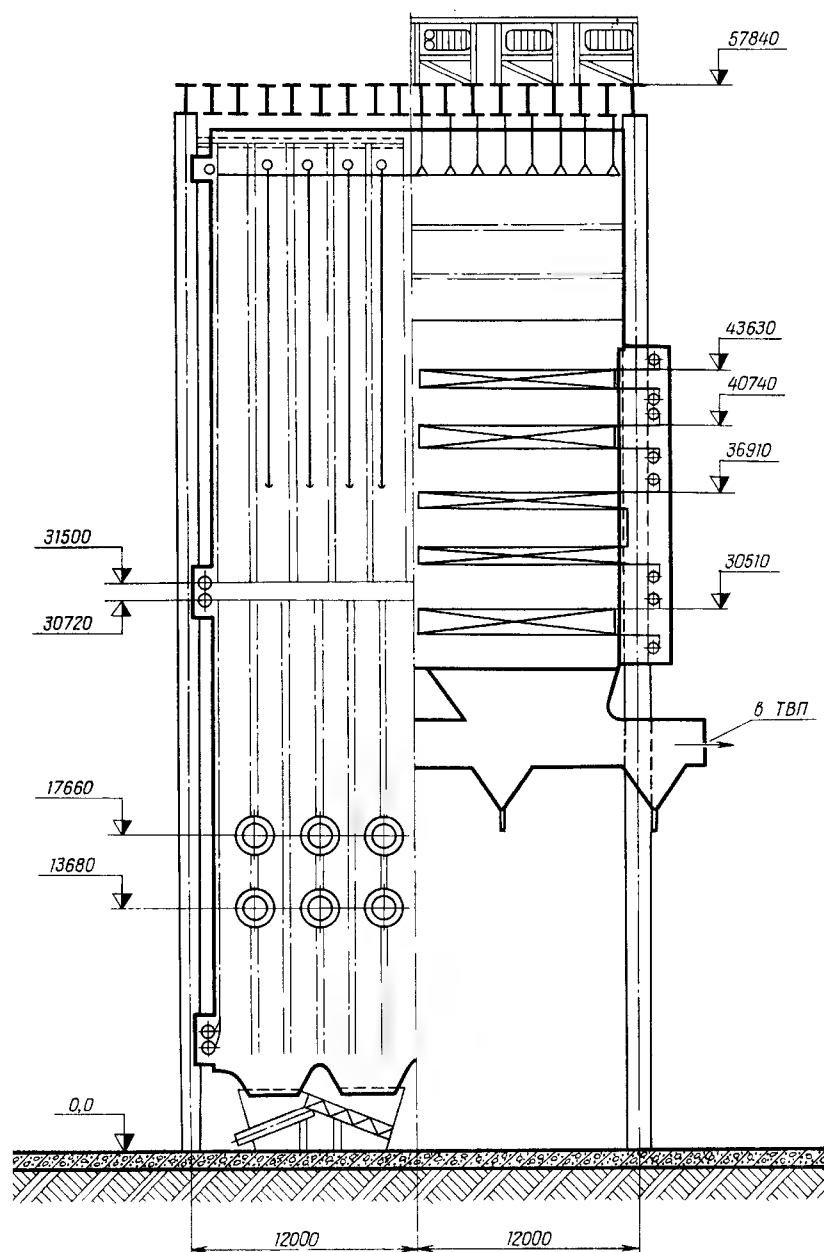


Рис. 72. Поперечный разрез котла Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р)

В котле применена система пылеприготовления с прямым вдуванием и установкой шести среднеходных мельниц с делителями – концентраторами пыли.

Котел снабжен необходимой запорной, регулирующей, дроссельной арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, автоматическим регулированием тепловых процессов, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты в требуемом объеме.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева.

Котел поставляется транспортными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                                                                          |                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                                  | 1650                                                                        |
| Вид основного топлива                                                                                                    | Экибастузский<br>каменный уголь<br>повышенной<br>зольности ( $A^d$ до 55 %) |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                                 | 1364                                                                        |
| Давление пара, МПа ( $\text{кг/см}^2$ ):                                                                                 |                                                                             |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                                                                         | 25 (255)                                                                    |
| промперегревателя:                                                                                                       |                                                                             |
| на входе                                                                                                                 | 4,1 (42)                                                                    |
| на выходе                                                                                                                | 3,8 (40)                                                                    |
| Температура, °С:                                                                                                         |                                                                             |
| на выходе пара высокого давления                                                                                         | 545                                                                         |
| пара промперегрева:                                                                                                      |                                                                             |
| на входе                                                                                                                 | 302                                                                         |
| на выходе                                                                                                                | 542                                                                         |
| питательной воды                                                                                                         | 271                                                                         |
| уходящих газов                                                                                                           | 157                                                                         |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                                |                                                                             |
| расчетный                                                                                                                | 91,65                                                                       |
| гарантийный                                                                                                              | 90,5 $\pm$ 0,5                                                              |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                     |                                                                             |
| натурального                                                                                                             | 321                                                                         |
| условного                                                                                                                | 158                                                                         |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                           |                                                                             |
| газовой (собственно котла)                                                                                               | 330                                                                         |
| воздушной:                                                                                                               |                                                                             |
| первичного воздуха                                                                                                       | 1300                                                                        |
| вторичного воздуха                                                                                                       | 480                                                                         |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                          | 1021                                                                        |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                                                                  |                                                                             |
| воздуха:                                                                                                                 |                                                                             |
| на входе                                                                                                                 | 50                                                                          |
| на выходе                                                                                                                | 355                                                                         |
| газов:                                                                                                                   |                                                                             |
| на входе                                                                                                                 | 386                                                                         |
| на выходе                                                                                                                | 157                                                                         |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/( $\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ )                                      | $5,2 \cdot 10^6$                                                            |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/( $\text{м}^3 \cdot \text{ч}$ )                                                   | $115,3 \cdot 10^3$                                                          |
| Объем топочной камеры, $\text{м}^3$                                                                                      | $10,0 \cdot 10^3$                                                           |
| Размеры по осям колонн, м:                                                                                               |                                                                             |
| ширина                                                                                                                   | 36                                                                          |
| глубина                                                                                                                  | 24                                                                          |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                       | 57,8                                                                        |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающего<br>под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                                                                             |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер<br>пароперегревателя                                               | 100                                                                         |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| для трубопроводов в пределах котла и камер<br>(кроме выходных камер пароперегревателя) | 100 |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                  | 3   |
| Эквивалентный уровень шума в зоне обслуживания, дБ                                     | 85  |
| Удельный выброс окислов азота, г/м <sup>3</sup>                                        | 0,7 |

### 5.3. Котел Пп-1650-25-545/542 БТ (П-75)

Котел Пп-1650-25-545/542 БТ (П-75) предназначен для работы на югославских бурых углях в блоке с турбиной мощностью 500 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара, с промперегревом, однокорпусный, Т-образной компоновки (рис. 73, 74).

Котлоагрегат не имеет собственного каркаса и подвешен к хребтовым балкам здания через промежуточные металлоконструкции.

Котел работает с уравновешенной тягой, твердым шлакоудалением, выполнен газоплотным с ограждением топки, горизонтальных и опускных газоходов цельносварными мембранными панелями. Топочная камера призматическая, открытая, квадратного сечения с размерами по осям труб 18,5х18,5 м, является восходящим газоходом.

Топка полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Для обеспечения низкотемпературного сжигания топлива в нижней части топочной камеры расположены 32 пылеугольные, прямоточные горелки (тангенциально в четыре яруса на четырех стенах). Расстояние между ярусами составляет 4,5 м.

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты, в которых расположены входная ступень пароперегревателя промперегрева (КВП-1). Эта ступень состоит из трех пакетов: верхнего, среднего и нижнего, выполненных из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ). Между верхним и средним пакетами КВП-1 по ходу газов расположен конвективный пароперегреватель высокого давления (КПП-1) из труб Ø 45х6 мм (сталь 12Х1МФ); водяной экономайзер состоит из труб Ø 32х6 мм (сталь 20).

В каждом горизонтальном газоходе на выходе из топки по ходу газов расположен ширмовый пароперегреватель второй ступени (ШПП-2) из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т), мембранный фестон-1 из труб Ø 36х8 мм с вваренной полосой) (сталь 12Х1МФ). Ширмовый пароперегреватель первой ступени (ШПП-1) из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ), выходная ступень ширмоконвективного пароперегревателя ШКПП-2 из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т) и выходная ступень промперегревателя (КВП-2) из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Змеевики конвективных поверхностей нагрева расположены в шахматном порядке, конвективные пакеты в каждой шахте разделяются на два полу пакета. Полупакеты висят на трех рядах подвешенных труб Ø 36х8 мм (сталь 12Х1МФ). Вдоль оси конвективных шахт располагаются газозаборные каналы для отбора газов на рециркуляцию.

Тракт пара сверхкритического давления состоит из двух самостоятельных регулируемых потоков, тракт вторичного пара имеет четыре регулируемых потока. Температура пара высокого давления регулируется поддержанием соответствия между расходом воды и топлива и впрыском питательной воды.

Температура пара промперегрева регулируется с помощью изменения байпаса паропарового теплообменника (ППТО). Указанный теплообменник является ступенью промперегревателя и расположен на входе в тракт промперегрева.

Места прохода змеевиков ширм и пароперегревателей через цельносварные экраны котла закрыты специальными уплотнениями. С целью обеспечения плотности потолка верхняя часть котла закрыта «теплым ящиком».

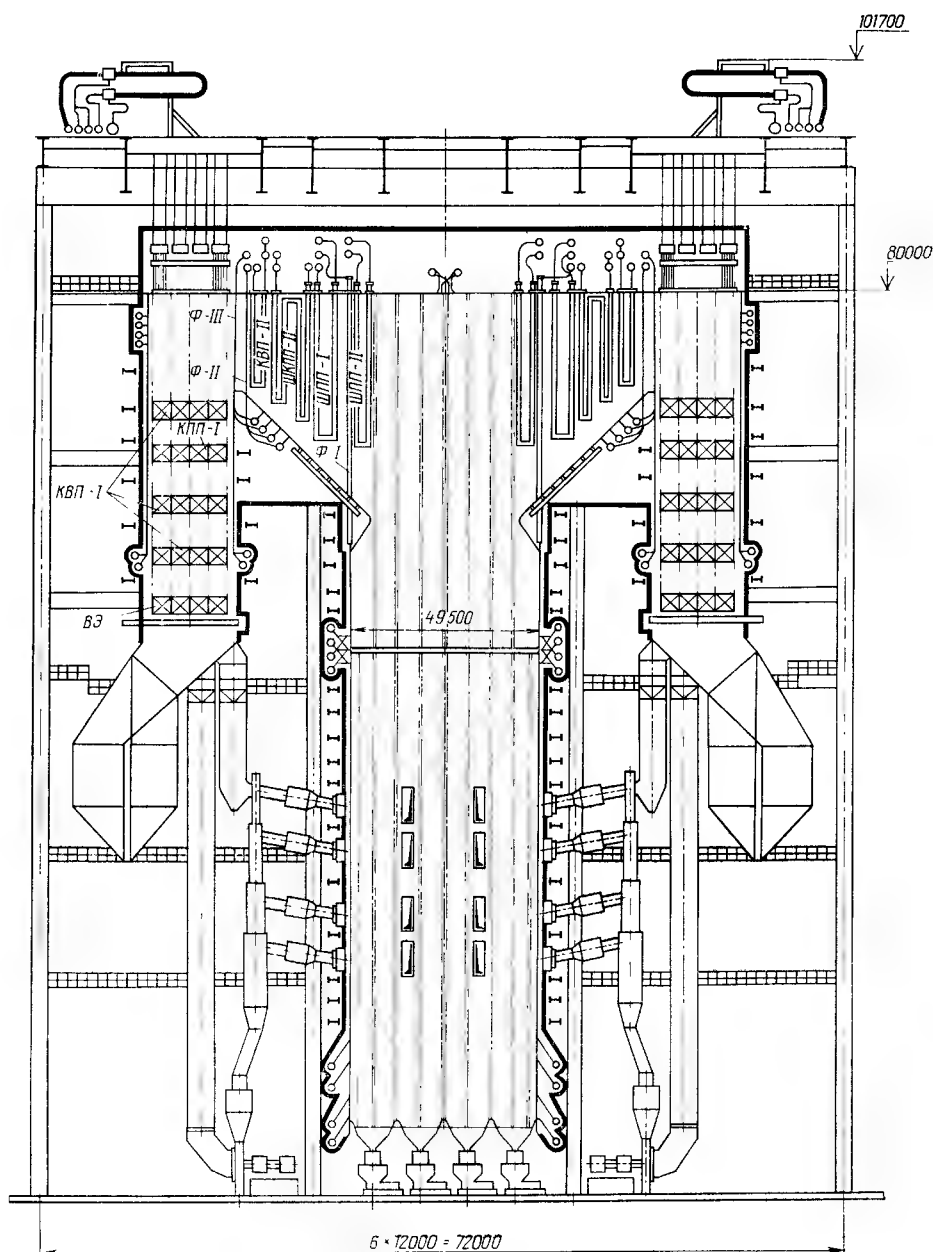


Рис. 73. Поперечный разрез котла Пп-1650-25-545/542 БТ (П-75)

Для подогрева воздуха используется четыре регенеративных воздухоподогревателя с диаметром ротора 9,8 м, которые вынесены за пределы котла.

В котле применяется система пылеприготовления с прямым вдуванием и установкой восьми мельниц-вентиляторов.

Каркасы здания и котла совмещены. Котел подвешен к хребтовым балкам совмещенного каркаса.

Обмуровка котла натрубная на основе известково-кремнезитовых плит, которые крепятся к газоплотным поверхностям приваренными штырями.

Для предотвращения шлакования поверхностей нагрева котел оборудован комплексной системой очистки: для топки – аппаратами водяной очистки типа ОГВ и паровой очистки типа ОГР-У, для горизонтального газохода – глубоко выдвижными аппаратами паровой очистки типа ОГ-12, для конвективной шахты – дробеочисткой.

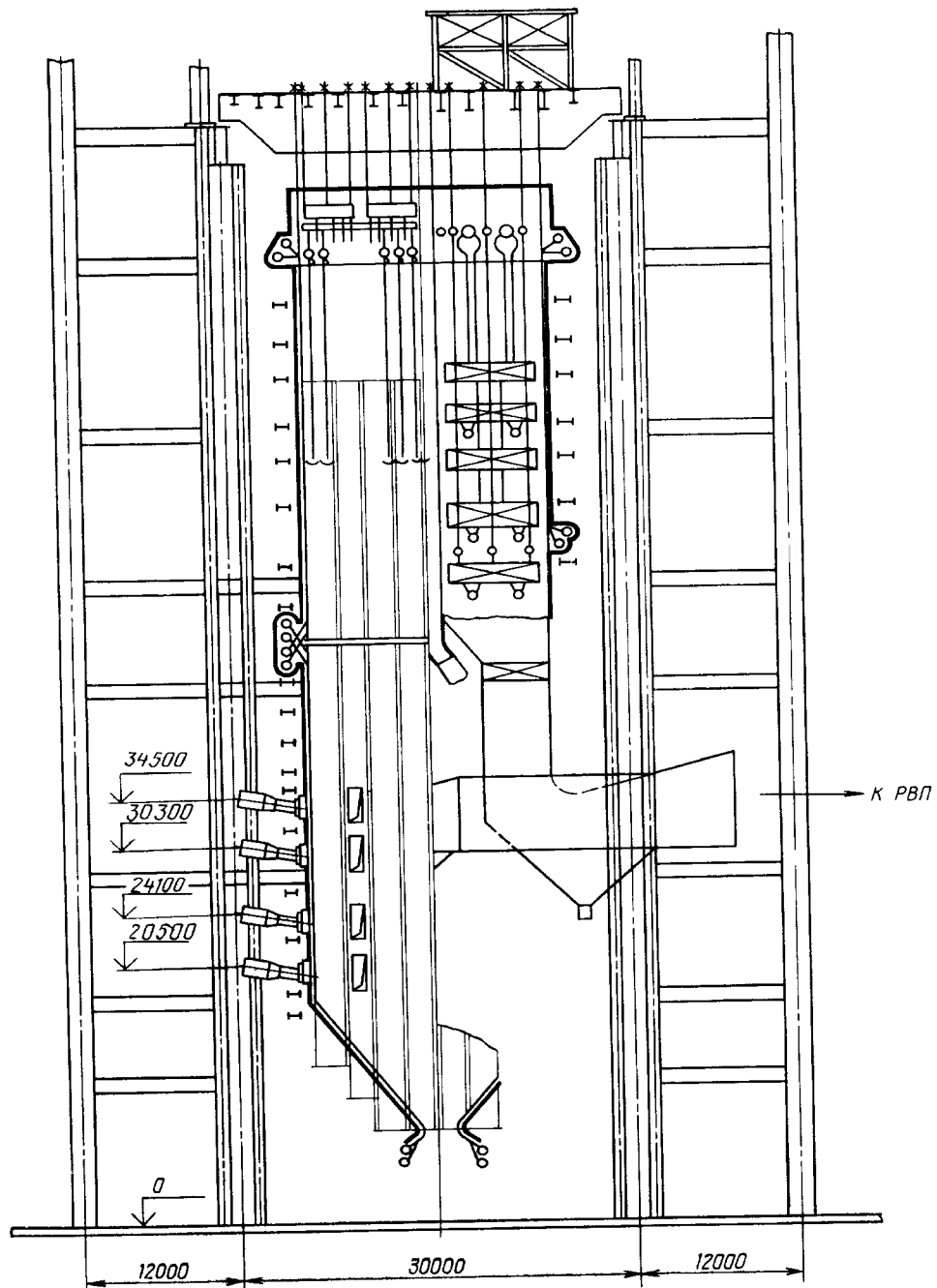


Рис. 74. Продольный разрез котла Пп-1650-25-545/542 БТ (П-75)

Для очистки регенеративных воздухоподогревателей применены водяная промывка и паровая обдувка.

Шлакоудаление – сухое с установкой шнековых шлакоудалителей.

Котел снабжен необходимой запорной регулирующей и дроссельной арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, автоматическим регулированием тепловых процессов, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты в требуемом объеме.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева.

Котел поставляется транспортными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                                 |                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                         | 1650                       |
| Вид основного топлива                                                           | Югославский<br>бурый уголь |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                        | 1383                       |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                      |                            |
| пароперегревателя высокого давления на выходе                                   | 25,0 (255)                 |
| промперегрева:                                                                  |                            |
| на входе                                                                        | 4,1 (42)                   |
| на выходе                                                                       | 3,9 (40)                   |
| Температура, °С:                                                                |                            |
| пара высокого давления на выходе                                                | 545                        |
| пара промперегрева:                                                             |                            |
| на входе                                                                        | 295                        |
| на выходе                                                                       | 542                        |
| питательной воды                                                                | 272                        |
| уходящих газов                                                                  | 171                        |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                       |                            |
| расчетный                                                                       | 89                         |
| гарантийный                                                                     | 88 ± 0,5                   |
| Расход топлива, т/ч:                                                            |                            |
| натурального                                                                    | 442                        |
| условного                                                                       | 184                        |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                  |                            |
| газовой                                                                         | 555                        |
| воздушной                                                                       | 475                        |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                 | 1100                       |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                         |                            |
| воздуха:                                                                        |                            |
| на входе                                                                        | 60                         |
| на выходе                                                                       | 360                        |
| газов:                                                                          |                            |
| на входе                                                                        | 400                        |
| на выходе                                                                       | 171                        |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)         | 3,44·10 <sup>6</sup>       |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                      | 56,9·10 <sup>3</sup>       |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                           | 20,6·10 <sup>3</sup>       |
| Размеры по осям колонн, м:                                                      |                            |
| ширина                                                                          | 72                         |
| глубина                                                                         | 30                         |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                              | 95                         |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                           | 4                          |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                  | 85                         |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup> | 0,63                       |

#### 5.4. Котел Пп-1650-25-545 КТ (П-76)

Котел Пп-1650-25-545 КТ (П-76) предназначен для работы на каменных углях КНР в блоке с турбиной мощностью 500 МВт.

Котел рассчитан на сверхкритические параметры пара с промперегревом, прямоточный, однокорпусный, выполнен по Т-образной компоновке (рис. 75, 76).

Котел не имеет собственного каркаса и подвешен к хребтовым балкам здания через промежуточные металлоконструкции.

Котел предназначен для работы с уравновешенной тягой, твердым шлакоудалением, выполнен газоплотным с ограждением толки, горизонтальных и опускных газоходов цельносварными мембранными панелями.

Топочная камера открытая, призматическая, прямоугольного сечения с размерами по осям труб 23,08х13,86 м, является восходящим газоходом. Топочная камера полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ),

На боковых стенах топки расположены в четыре яруса 32 вихревые пылеугольные горелки. Расстояние между ярусами составляет 4 м.

Для снижения температуры газов на выходе из топки в ее верхнюю часть подается «избыточный воздух».

Для улучшения аэродинамических свойств трубы боковых экранов верхней радиационной части образуют выступ в сторону топки.

На выходе из топки располагаются ширмовые ступени пароперегревателя.

Ширмовый пароперегреватель первой ступени (первый по ходу газов) выполнен из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ), а расположенные за ними ширмовые перегреватели второй и третьей ступеней из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т).

В поворотных газоходах, соединяющих топку конвективными шахтами, расположены выходные ступени конвективных пароперегревателей вторичного и первичного пара, выполненные соответственно из труб Ø 57х4 мм и 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты, в которых по ходу газов последовательно расположены пакеты конвективного промперегревателя первой ступени и экономайзер.

Промперегреватель выполнен из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ), а экономайзер из труб 42х6,5 мм (сталь 20).

Пароводяной тракт котла состоит из двух симметричных потоков по первичному пару и четырех по вторичному. Регулирование температуры перегрева первичного пара производится изменением соотношения вода – топливо и впрыском питательной воды, регулирование температуры перегрева вторичного пара – с помощью паро-парового теплообменника.

Для подогрева воздуха используется четыре регенеративных воздухоподогревателя с диаметром ротора 9,8 м.

Котел оборудован комплексной системой очистки. Радиационные поверхности очищаются водяной обдувкой, ширмовые и конвективные поверхности – глубоко-выдвижными аппаратами паровой обдувки, регенеративные воздухоподогреватели – паровыми обдувочными аппаратами.

Шлакоудаление твердое, с установкой пяти шнековых шлакоудалителей.

Места прохода змеевиков ширм и конвективных пароперегревателей через газоплотные экраны котла закрыты специальными уплотнениями.

Верхняя часть котла закрыта «теплым ящиком», в котором расположены камеры ширм и конвективных пароперегревателей.

Котел рассчитан на установку в районе с сейсмичностью 7 баллов по 12-балльной шкале. Каркасы здания и котла совмещены. Котел выполнен подвесным к конструкциям здания. На газоплотных стенах котла устанавливается тепловая изоляция.

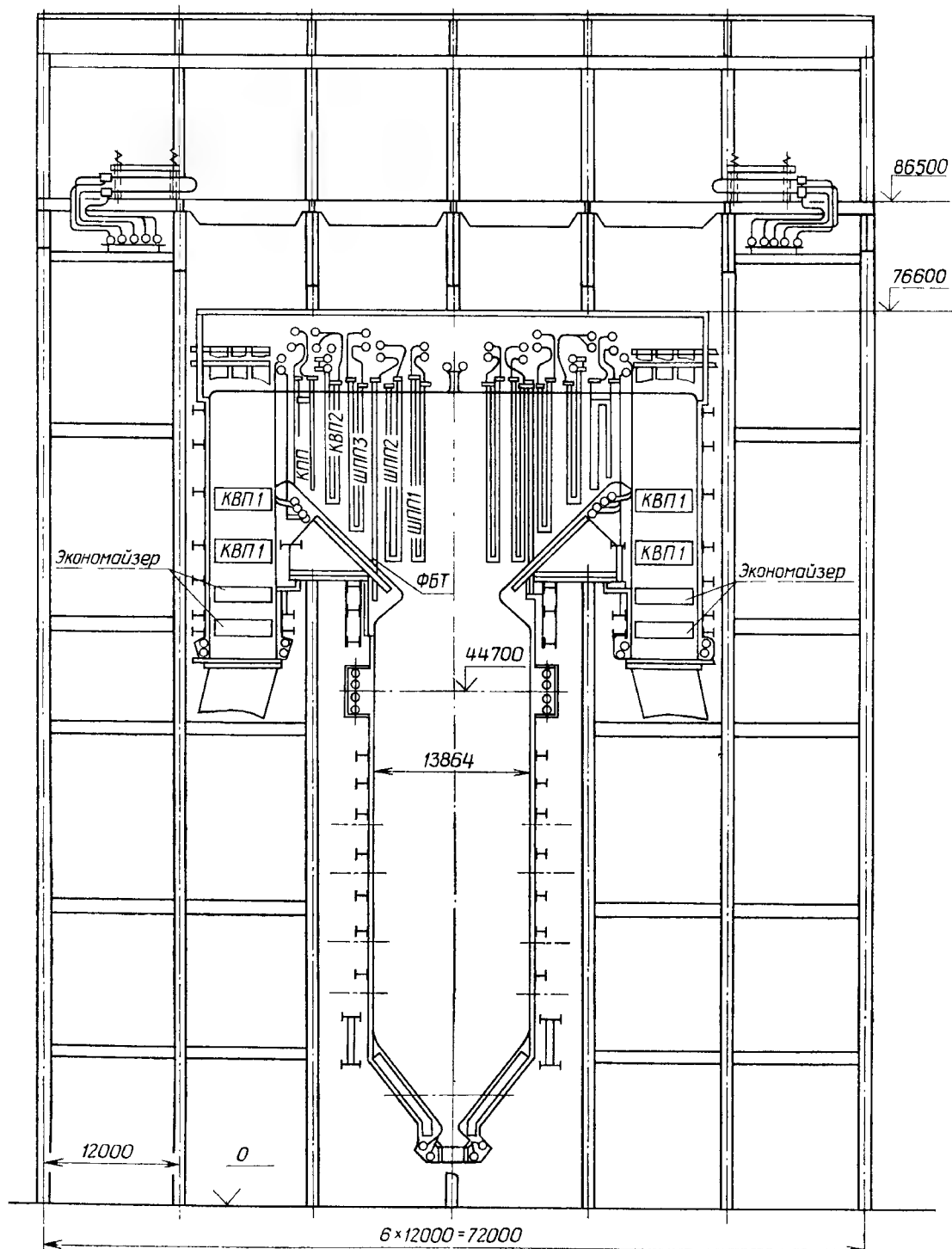


Рис. 75. Продольный разрез котла Пп-1650-25-545 КТ (П-76)

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты в требуемом объеме. Котел спроектирован с учетом ремонта поверхностей нагрева и поставляется транспортабельными блоками.



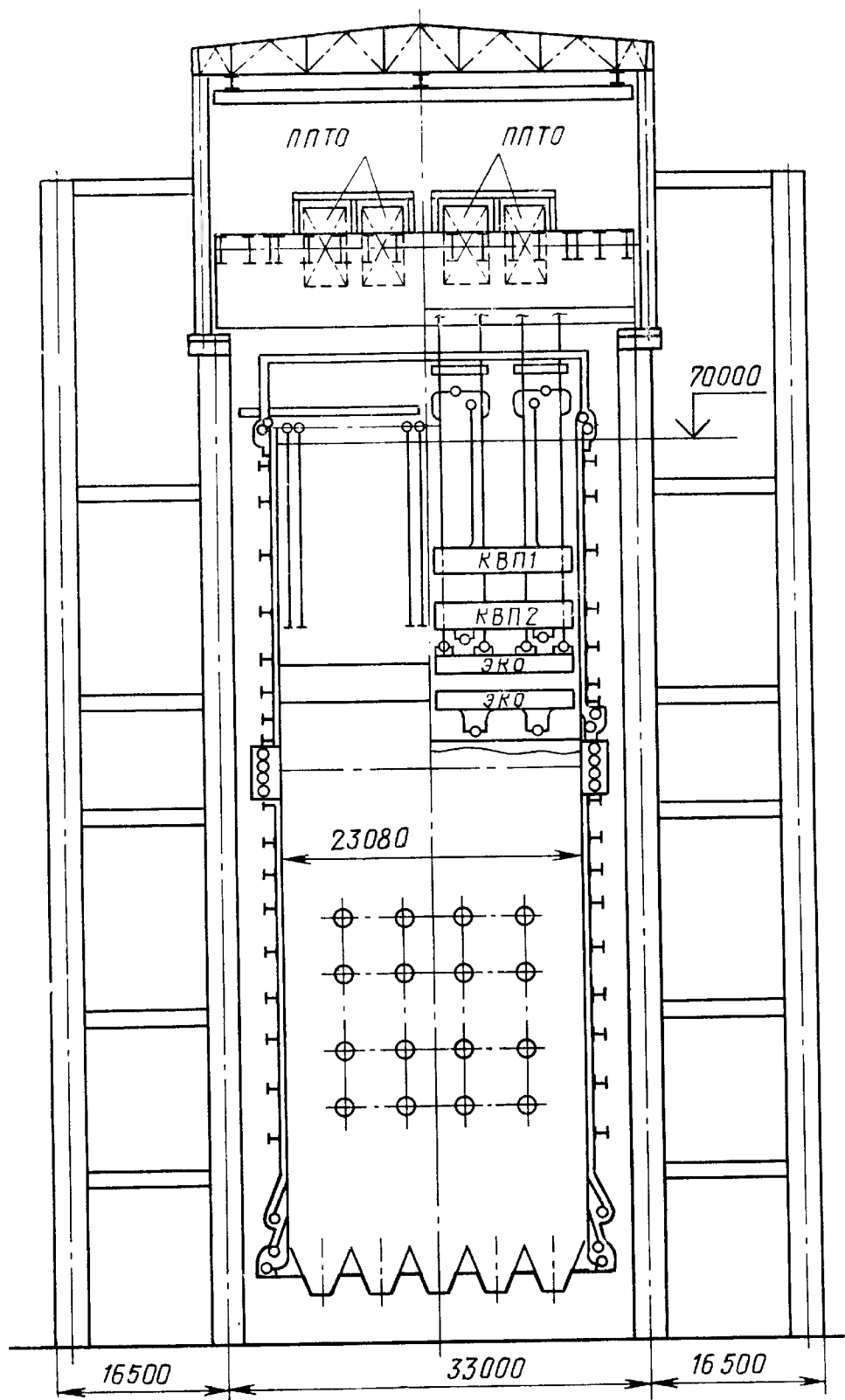


Рис. 76. Поперечный разрез котла Пп-1650-25-545 КТ (П-76)

### Технические характеристики

|                                                                                                                       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                               | 1650                 |
| Вид основного топлива                                                                                                 | Каменный уголь       |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                              | 1356                 |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                                            |                      |
| высокого давления на выходе                                                                                           | 25,0 (255)           |
| промперегрева:                                                                                                        |                      |
| на входе                                                                                                              | 4,3 (44,4)           |
| на выходе                                                                                                             | 4,1 (40,2)           |
| Температура, °С:                                                                                                      |                      |
| пара высокого давления на выходе                                                                                      | 545                  |
| пара промперегрева:                                                                                                   |                      |
| на входе                                                                                                              | 295                  |
| на выходе                                                                                                             | 545                  |
| питательной воды                                                                                                      | 275                  |
| уходящих газов                                                                                                        | 134                  |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                             |                      |
| расчетный                                                                                                             | 91,9                 |
| гарантийный                                                                                                           | 91,5–0,3             |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                  |                      |
| натурального                                                                                                          | 206                  |
| условного                                                                                                             | 157,7                |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                        |                      |
| газовой                                                                                                               | 400                  |
| воздушной                                                                                                             | 1400                 |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                       | 1020                 |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                               | 3,4810 <sup>6</sup>  |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                            | 72,5·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                 | 20,7·10 <sup>3</sup> |
| Размеры по осям колонн, м:                                                                                            |                      |
| ширина                                                                                                                | 72                   |
| глубина                                                                                                               | 3                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                    | 86,5                 |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                 | 4                    |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающего под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                      |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                               | 100                  |
| для трубопроводов в пределах котла (кроме выходных камер пароперегревателя)                                           | 200                  |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                        | 85                   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                       | 0,5                  |

### 5.5. Котел Пп-1650-25-545 БТ (П-78)

Котел Пп-1650-25-545 БТ (П-78) предназначен для работы на китайских бурых углях в блоке с турбиной мощностью 500 МВт.

Котел рассчитан на сверхкритические параметры пара, с промперегревом, прямоточ-

ный, однокорпусный, выполнен по Т-образной компоновке (рис. 77, 78).

Котел не имеет собственного каркаса и подвешен к хребтовым балкам здания через промежуточные металлоконструкции.

Котел предназначен для работы с уравновешенной тягой, твердым шлакоудалением, выполнен газоплотным с ограждением топки горизонтальных и опускных газоходов цельносварными мембранными панелями.

Топочная камера открытая, призматическая, квадратного сечения с размерами по осям труб 18,5х18,5 м, является восходящим газоходом. Топочная камера полностью экранирована вертикальными панелями из плавниковых труб Ø 32Х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Топка оборудована 32 прямоточными пылеугольными горелками, расположенными в четыре яруса тангенциально. Расстояние между ярусами 4,5 м.

Поверхности нагрева топочной камеры делятся на две нижние радиационные (НРЧ-1 и НРЧ-2) и две верхние радиационные (ВРЧ-1 и ВРЧ-2) части.

В горизонтальных газоходах по ходу газов размещены: ширмовый пароперегреватель второй ступени (ШПП-2), выполненный из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т); фес-тон-1 из труб Ø 36х8 мм (сталь 12Х1МФ); ширмовый перегреватель первой ступени (ШПП-1) из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ); ширмовый перегреватель третьей ступени (ШПП-3) из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т); конвективный перегреватель второй ступени (КПП-2) из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т); конвективный перегреватель вторичного пара второй ступени (КВП-2) из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х18Н12Т).

В двух одинаковых конвективных шахтах размещены: два пакета конвективного перегревателя вторичного пара первой ступени (КВП-1) из труб Ø 57х4 мм (сталь 12Х1МФ); между верхним и нижним пакетами КВП-1 расположен конвективный перегреватель первичного пара первой ступени (КПП-1) из труб Ø 42х6 мм (сталь 12Х1МФ); два пакета мембранного экономайзера, выполненного из труб Ø 42х6,5 мм (сталь 20).

Среда высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя несмешивающимися потоками, а пар низкого давления – четырьмя самостоятельно регулируемые потоками. На выходе из котла четыре потока объединяются в два.

Температура перегрева пара высокого давления регулируется изменением соотношения вода – топливо и двумя впрысками питательной воды. За КПП-1 и перед ШПП-3 регулирование температуры перегрева пара низкого давления происходит с помощью байпасирования паро-парового теплообменника.

Для подогрева воздуха установлены четыре регенеративных вращающихся воздухоподогревателя с диаметром ротора 9,8 м.

Котел оборудован комплексной системой очистки.

Шлакоудаление твердое, с установкой шнековых транспортеров.

Места прохода змеевиков ширм и конвективных пароперегревателей через газоплотные экраны котла закрыты специальными уплотнителями.

Верхняя часть котла закрыта «теплым ящиком», в котором расположены камеры ширм и конвективных пароперегревателей.

Обмуровка котла выполнена в виде натрубной изоляции, крепится на цельносварных панелях и обшита сверху металлическим листом.

Котел не имеет собственного каркаса и подвешен к каркасу здания через промежуточные металлоконструкции.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства технологической защиты в требуемом объеме.

Котел спроектирован с учетом проведения ремонтов и поставляется транспортабельными блоками.

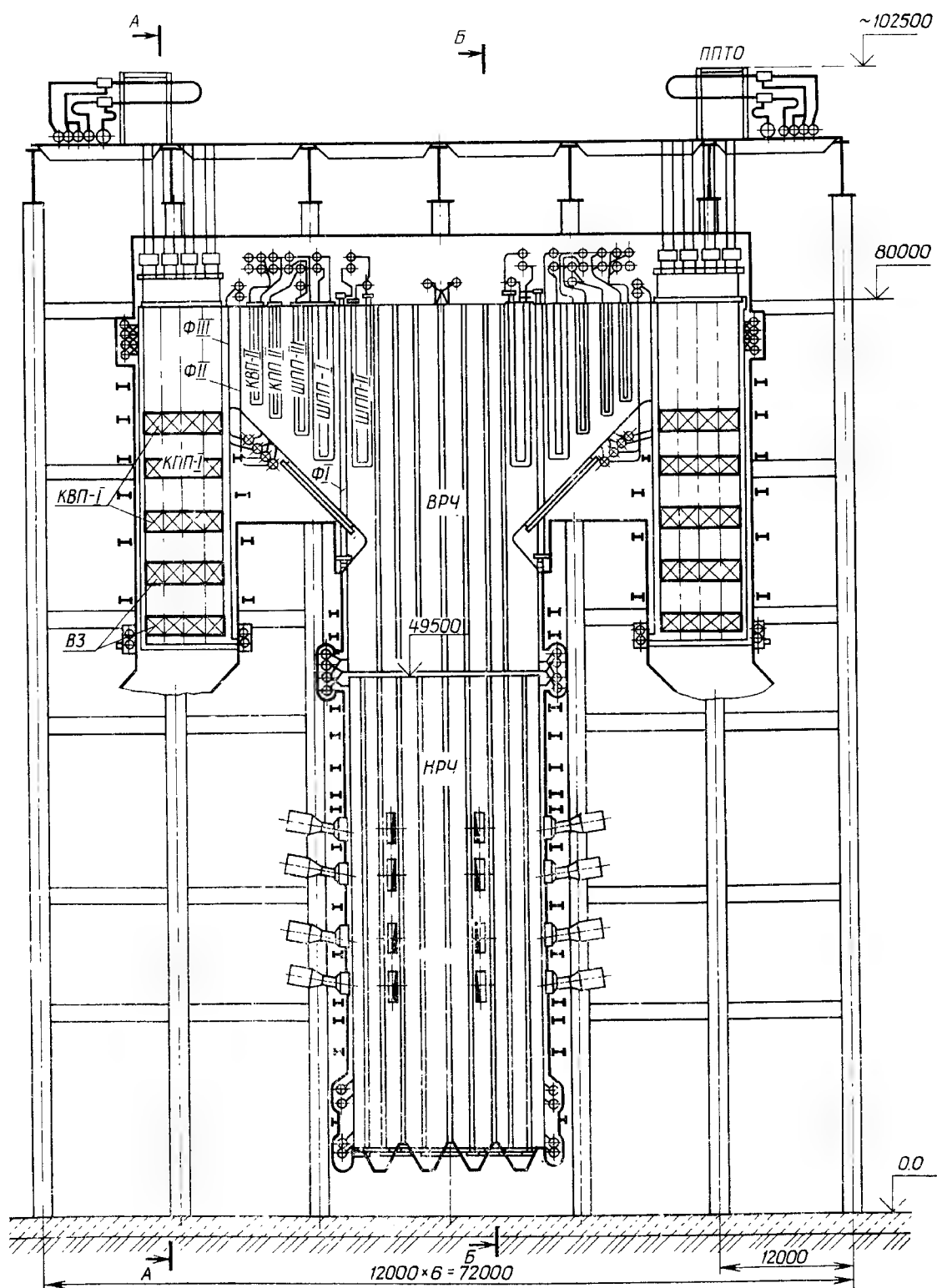


Рис. 77. Продольный разрез котла Пп-1650-25-545 БТ (П-78)

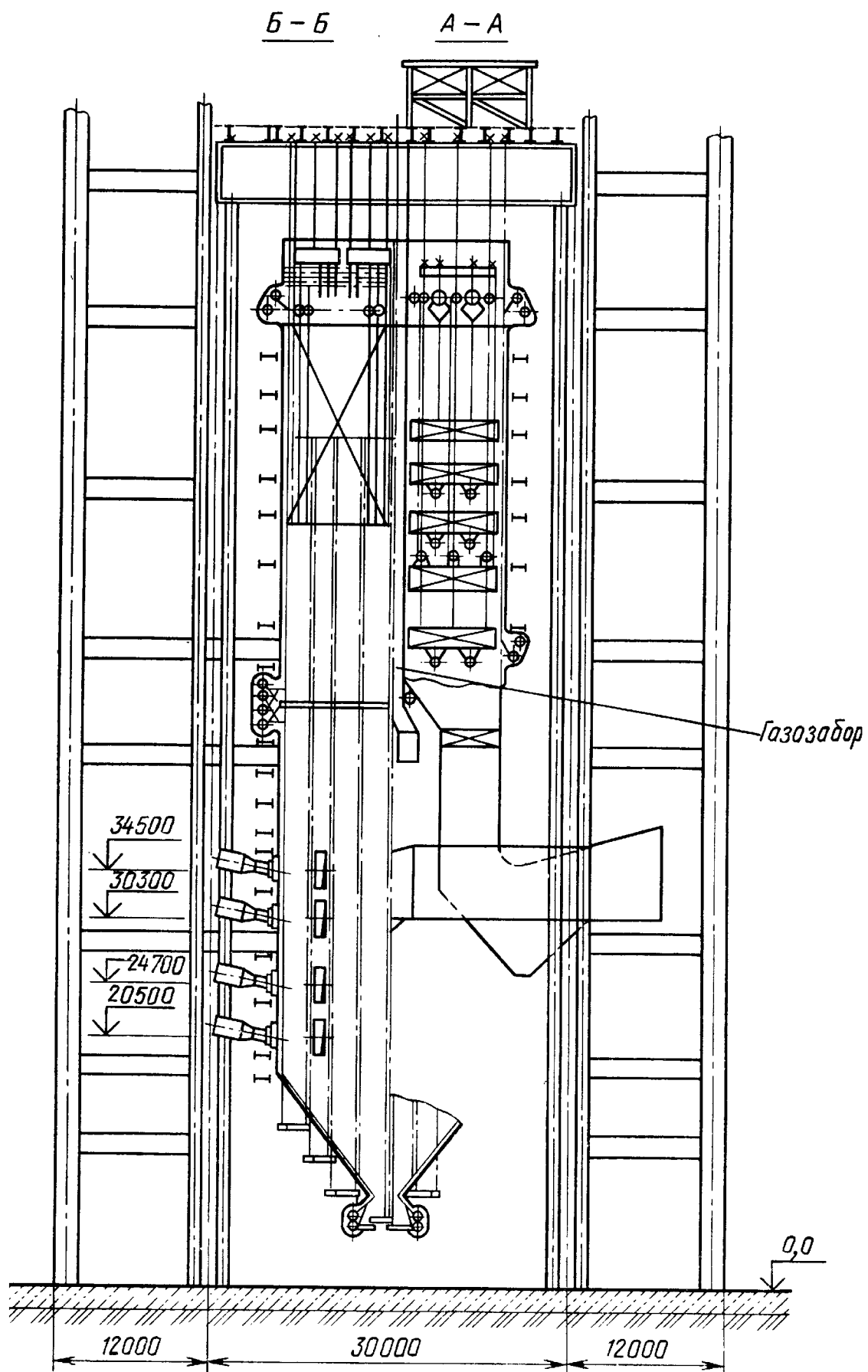


Рис. 78. Поперечный разрез котла Пп-1650-25-545 БТ (П-78)

### Технические характеристики

|                                                                                                                      |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                              | 1650                  |
| Вид основного топлива                                                                                                | Китайский бурый уголь |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                             | 1383                  |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                                           |                       |
| пароперегревателя высокого давления на выходе                                                                        | 25 (255)              |
| промперегрева:                                                                                                       |                       |
| на входе                                                                                                             | 4,0 (41,2)            |
| на выходе                                                                                                            | 3,8 (38,9)            |
| Температура, °С:                                                                                                     |                       |
| пара высокого давления на выходе                                                                                     | 545                   |
| пара промперегрева:                                                                                                  |                       |
| на входе                                                                                                             | 295                   |
| на выходе                                                                                                            | 545                   |
| питательной воды                                                                                                     | 272                   |
| уходящих газов                                                                                                       | 153                   |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                            |                       |
| расчетный                                                                                                            | 90,0                  |
| гарантийный                                                                                                          | 89,5 ± 0,5            |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                 |                       |
| натурального                                                                                                         | 441                   |
| условного                                                                                                            | 163                   |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                       |                       |
| газовой                                                                                                              | 435                   |
| воздушной                                                                                                            | 371                   |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                      | 1030                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                              | 3,4·10 <sup>6</sup>   |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                           | 55,7·10 <sup>3</sup>  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                | 23,5·10 <sup>3</sup>  |
| Размеры по осям колонн, м:                                                                                           |                       |
| ширина                                                                                                               | 72                    |
| глубина                                                                                                              | 30                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 97                    |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                | 4                     |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                       |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                              | 100                   |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 200                   |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                       | 85                    |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                      | 0,63                  |

### 5.6. Котел Пп-1150-13,8-545 Г (П-77)

Котел Пп-1150-13,8-545 Г (П-77) входит в состав парогазовой установки утилизационного типа ПГУ-800 мощностью 800 МВт.

ПГУ-800 состоит из двух газовых турбин ГТЭ-150 (ПОТ ЛМЗ), двух котлов, уста-

навливаемых за ними, и одной паровой турбины типа К-450-130 (ПОТ ЛМЗ). Продукты сгорания после каждой газовой турбины с температурой около 300 °С направляются, в свой котел, где подогреваются до 850 °С за счет сжигания в их атмосфере дополнительного количества природного газа в горелочном устройстве, расположенном на входе в котел. Предусматривается возможность работы паросиловой части блока и в автономном режиме. При сжигании природного газа в автономном режиме к его продуктам сгорания подмешиваются рециркулирующие газы, отбираемые за котлом.

Котел Пп-1150-13,8-545 Г – прямоточный, газоплотный опирается на собственный каркас, работает под разрежением. Газоплотность обеспечивается наружной металлической обшивкой. Конструкция подъемной шахты позволяет работать под наддувом до 2000 Па.

Котел рассчитан на высокие параметры пара с промперегревом, состоит из двух одинаковых корпусов, имеет П-образную, закрытую компоновку и собственный каркас (рис. 79, 80).

Котел предназначен как для работы с уравновешенной тягой, так и под наддувом до 200 мм вод. ст.

В подъемном газоходе расположены подовые горелочные устройства, экранированная камера горения, основной и промежуточный перегреватели. В опускном газоходе расположены поверхности нагрева экономайзера, выполненные из труб с поперечным спиральным оребрением. Подъемный газоход имеет призматическую форму с размерами сечения в зоне камеры горения 6,56х22,1 и в зоне перегревателей 6,6х22,1 м.

Стены камеры горения от горелочных устройств до первой перегревательной конвективной поверхности имеют настенное экранирование. Экраны выполнены в виде однопетлевой панели из гладких труб Ø 42х5 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 47 мм. Тепловые перемещения экранов направлены от середины фронтовой и задней стен к углам.

После камеры горения по ходу газов расположены: выходная (третья) ступень перегревателя (КПП-3), выходная (вторая) ступень промперегревателя (КВП-2), вторая ступень перегревателя (КПП-2), первая ступень перегревателя (КПП-1) и входная (первая) ступень промежуточного перегревателя (КВП-1). КПП-1, КВП-1 и КВП-2 опираются на охлаждаемые воздухом балки, расположенные в три яруса. К этим балкам подвешиваются КПП-2 и КПП-3. Поворотная камера не имеет экранирования.

В опускном газоходе размещен водяной экономайзер из пяти ступеней без промежуточных камер. Каждая ступень состоит из однозаходных восьмипетлевых змеевиков, изготовленных из труб Ø 42х6 мм (сталь 20) с поперечным спиральным оребрением высотой 15 и шагом 8 мм.

Регулирование промежуточного перегрева осуществляется с помощью регулировочной ступени (КВП-1). Для обеспечения возможности регулирования промежуточного перегрева при пониженных нагрузках КВП-1 размещена в зоне умеренных газовых температур (570 °С при номинальной нагрузке), что позволило применить трубы из стали 12Х1МФ.

При номинальной нагрузке доля байпасирования КВП-1 составляет 78 %, при нагрузке 70 % от номинальной – 19 %, при нагрузке 50 % от номинальной – 10 %. Номинальная температура промежуточного перегрева обеспечивается в диапазоне нагрузок 100–70 %. При нагрузке 50 % от номинального значения температура промежуточного перегрева снижается до 528 °С.

Перегреватели и водяной экономайзер имеют шахматное расположение труб.

Выходные пакеты перегревателей КПП-3 и КВП-2 изготовлены из стали 12Х18Н12Т, остальные перегреватели (КПП-1, 2, КВП-1) изготовлены из стали 12Х1МФ.

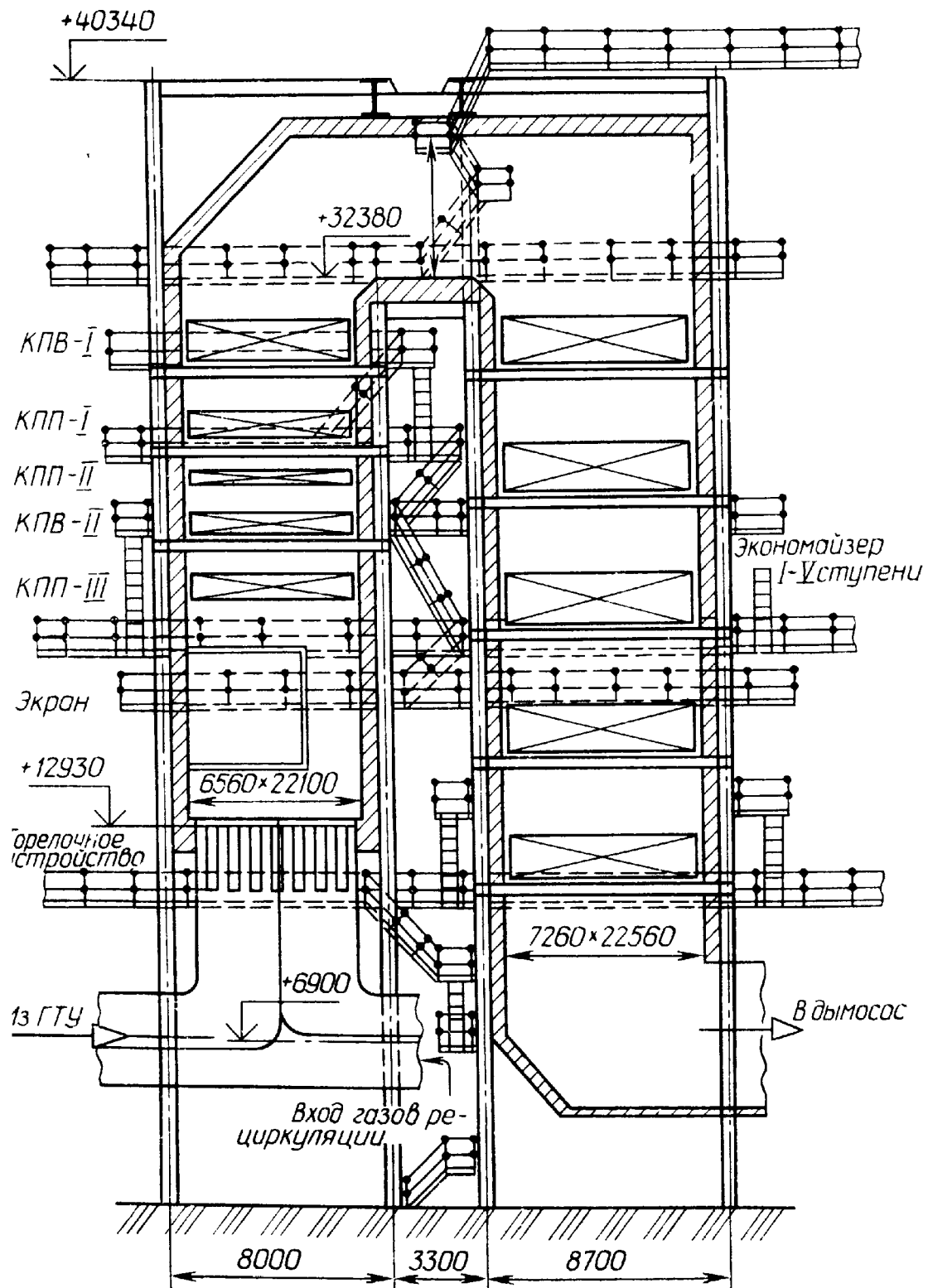


Рис. 79. Продольный разрез котла Пп-1150-13,8-545 Г (П-77): КПП-1 – конвективный пароперегреватель первой ступени; КПП-2 – конвективный пароперегреватель второй ступени; КПП-3 – конвективный пароперегреватель третьей ступени; КПВ-1 – конвективный вторичный перегреватель первой ступени; КПВ-2 – конвективный вторичный перегреватель второй ступени; Эко I-V – экономайзер первой-пятой ступеней.



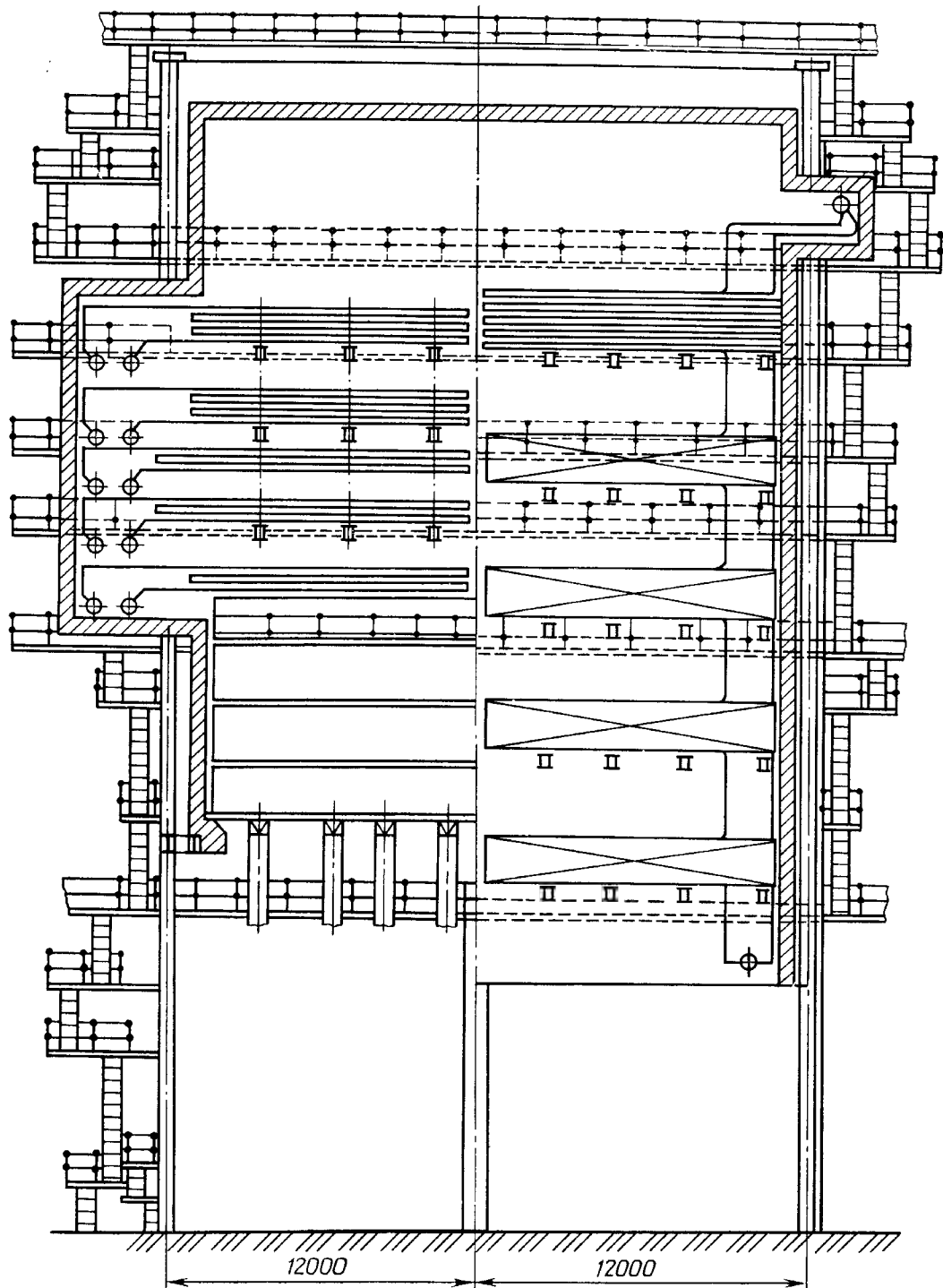


Рис. 80. Поперечный разрез котла Пп-1150-13,8-545 Г (П-77)

Каркас котла состоит из несущих колон опорных балок, ферм и ригелей. Опорные балки поддерживающие поверхности нагрева в подъемном и опускном газоходах, проходят через газоходы, изолированы снаружи и охлаждаются продуваемым через них воздухом.

Каркас воспринимает нагрузку от веса поверхностей нагрева, коллекторов, трубопроводов, арматуры, гарнитуры, обмуровки, обшивки, площадок и лестниц.

Обмуровка выполняется в виде щитов на монтажной площадке из слоя известково-кремнезитовых изделий (ИКИ), асбодиатомового и шамотного бетона, обшитых снаружи металлическим листом толщиной 3 мм. Арматурой бетона является сетка 100х100х5 мм, закрепленная на фасонной арматуре, приваренной к щитам. Стыки между щитами закладываются асбодиатомовым бетоном и обшиваются металлическим листом толщиной 6 мм. Концы опорных балок уплотняются кирпичом и ИКИ, а затем обшиваются металлическим листом.

Камеры пароперегревателей и перепускные трубы вынесены за боковые стены и закрыты «теплыми ящиками».

Горелочное устройство состоит из четырех блоков, по восемь горелок в каждом. Блоки равномерно размещены в подовой части подъемного газохода. В каждом блоке, имеющем ширину 2300 и глубину 5600 мм, горелки расположены с шагом 700 мм параллельно фронту котла. Каждая горелка содержит газораздающий коллектор с соплами, расположенный в специальном воздушном коробе, предназначенном для подвода воздуха при работе корпуса котла в автономном режиме.

В комбинированном режиме содержание кислорода в продуктах сгорания газовой турбины составляет, как указывалось, 14–15,5 %. Доля рециркуляции газов, отбираемых за котлом в автономном режиме, составляет 100 %, что соответствует коэффициенту избытка воздуха, равному 1,4.

Котел оснащен необходимой запорной и регулирующей арматурой, а также средствами защиты.

### Технические характеристики

|                                                                         |                      |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                 | 1150                 |
| Вид топлива:                                                            |                      |
| основного                                                               | Газы после ГТУ       |
| резервного                                                              | Природный газ        |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                | 1134                 |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                              |                      |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                        | 13,8 (140)           |
| промперегревателя;                                                      |                      |
| на входе                                                                | 3,4 (34,3)           |
| на выходе                                                               | 3,3 (33,3)           |
| Температура, °С:                                                        |                      |
| на выходе пара высокого давления                                        | 545                  |
| пара промперегрева:                                                     |                      |
| на входе                                                                | 363                  |
| на выходе                                                               | 545                  |
| питательной воды                                                        | 65                   |
| уходящих газов                                                          | 119/125*             |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, расчетный                        | 93,89/88,1*          |
| Расход топлива (при автономном режиме):                                 |                      |
| натурального м <sup>3</sup> /ч                                          | 61,5·10 <sup>3</sup> |
| условного, т/ч                                                          | 76                   |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 500                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | 4·10 <sup>6</sup>    |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | 482·10 <sup>3</sup>  |
| Размеры ячейки котла по осям колонн, м:                                 |                      |
| ширина                                                                  | 96                   |
| глубина                                                                 | 20                   |

|                                                                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Размеры по осям колонн одного корпуса, м:                                                                            |       |
| ширина                                                                                                               | 24    |
| глубина                                                                                                              | 20    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 40,34 |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |       |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                              | 100   |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 200   |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                | 4     |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                       | 85    |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                      | 0,49  |

\* В знаменателе указаны значения при работе в автономном режиме, в числителе – с ГТУ

### 5.7. Котел Пп-1000-25-545/542 БГТ (П-64-3)

Котельный агрегат Пп-1000-25-545/542 БГТ (П-64-3) предназначен для работы на ангрениских бурых углях и природном газе (сезонное топливо) в блоке с турбиной мощностью 300 МВт.

Котел прямоточный, на сверхкритические параметры пара с промперегревом, выполнен по Т-образной компоновке, однокорпусный, устанавливается в здании (рис. 81, 82).

Котел выполнен с твердым шлакоудалением.

Топочная камера – призматическая, открытого типа, прямоугольного сечения, с размерами в плане по осям труб 10,4х22,32 м.

Топочная камера оборудована 24 щелевыми горелками, которые установлены в три яруса по высоте на боковых стенах топки с встречным расположением в горизонтальной плоскости. Крайние горелки каждого яруса развернуты к середине топки. Расстояние между ярусами составляет 3,7 м.

Выше горелок на боковых стенах выполнены объемные разводки экранных труб под газозаборные окна.

Топочная камера полностью экранирована трубами. По высоте экраны топки разделены на три радиационные части: нижнюю (НРЧ), среднюю (СРЧ) и верхнюю (ВРЧ). НРЧ в виде горизонтально-подъемной двухпоточной навивки состоит из двух последовательно расположенных частей из труб Ø 42х6 мм, СРЧ и ВРЧ выполнены из труб Ø 32х6 мм и Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ).

На выходе из топки в соединительном газоходе расположен ширмовый пароперегреватель, состоящий из двух ступеней: первая ступень – средние ширмы, вторая ступень – крайние. Ширмы выполнены из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты. По ходу газов в них расположены следующие поверхности нагрева: конвективный пароперегреватель высокого давления из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х18Н12Т); конвективный промперегреватель и водяной экономайзер.

Конвективные поверхности в каждой шахте разбиваются на два полупакета со своими входными и выходными камерами, расположенными на фронтальной и задней стенах конвективной шахты. Конвективные перегреватели промперегрева выполнены из труб Ø 42х4 мм (сталь 12Х1МФ – первая ступень и сталь 12Х18Н12Т – вторая ступень). Водяной экономайзер состоит из труб Ø 32х6 мм (сталь 20).

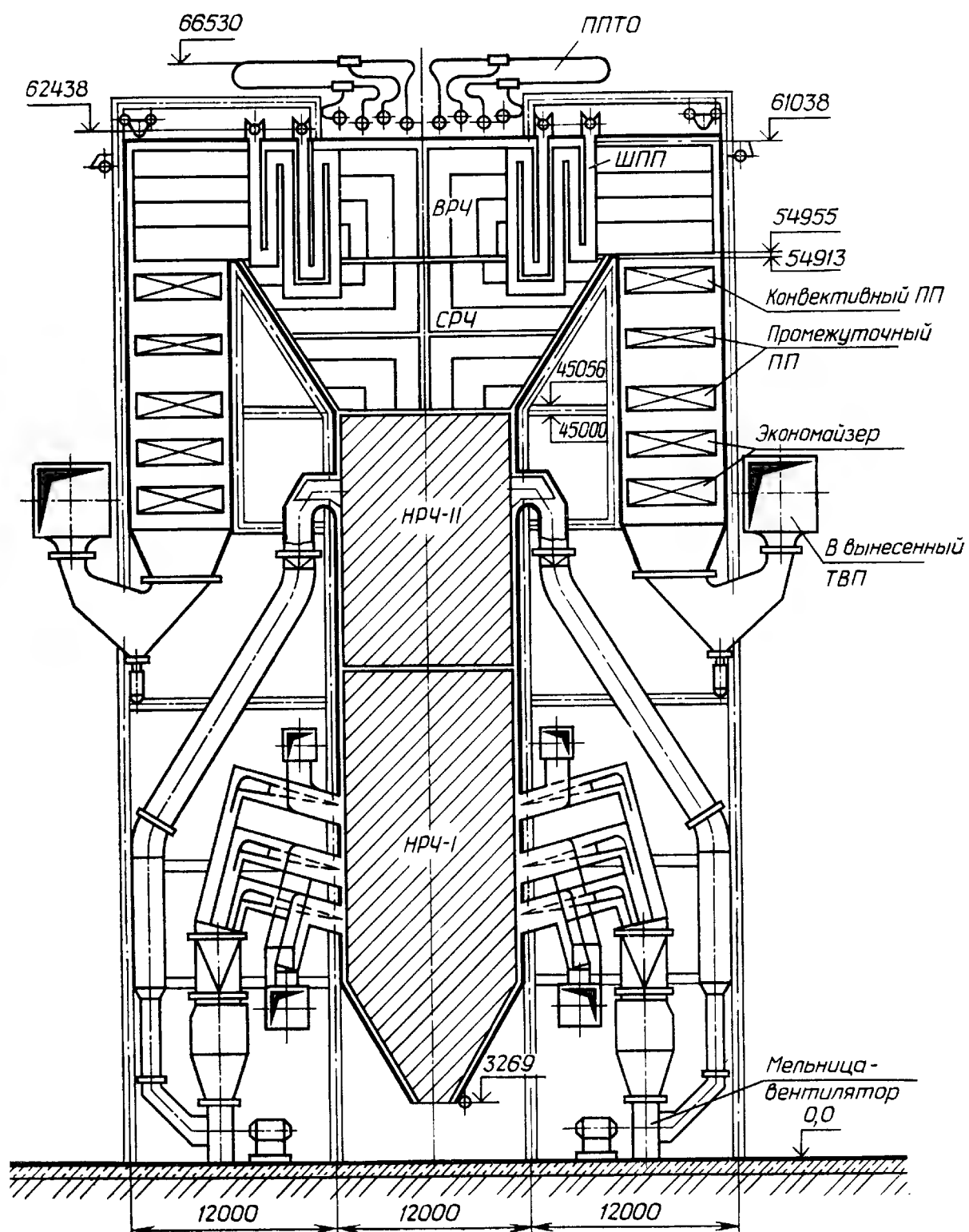


Рис. 81. Поперечный разрез котла Пп-1000-25-545-542 БГТ (П-64-3)

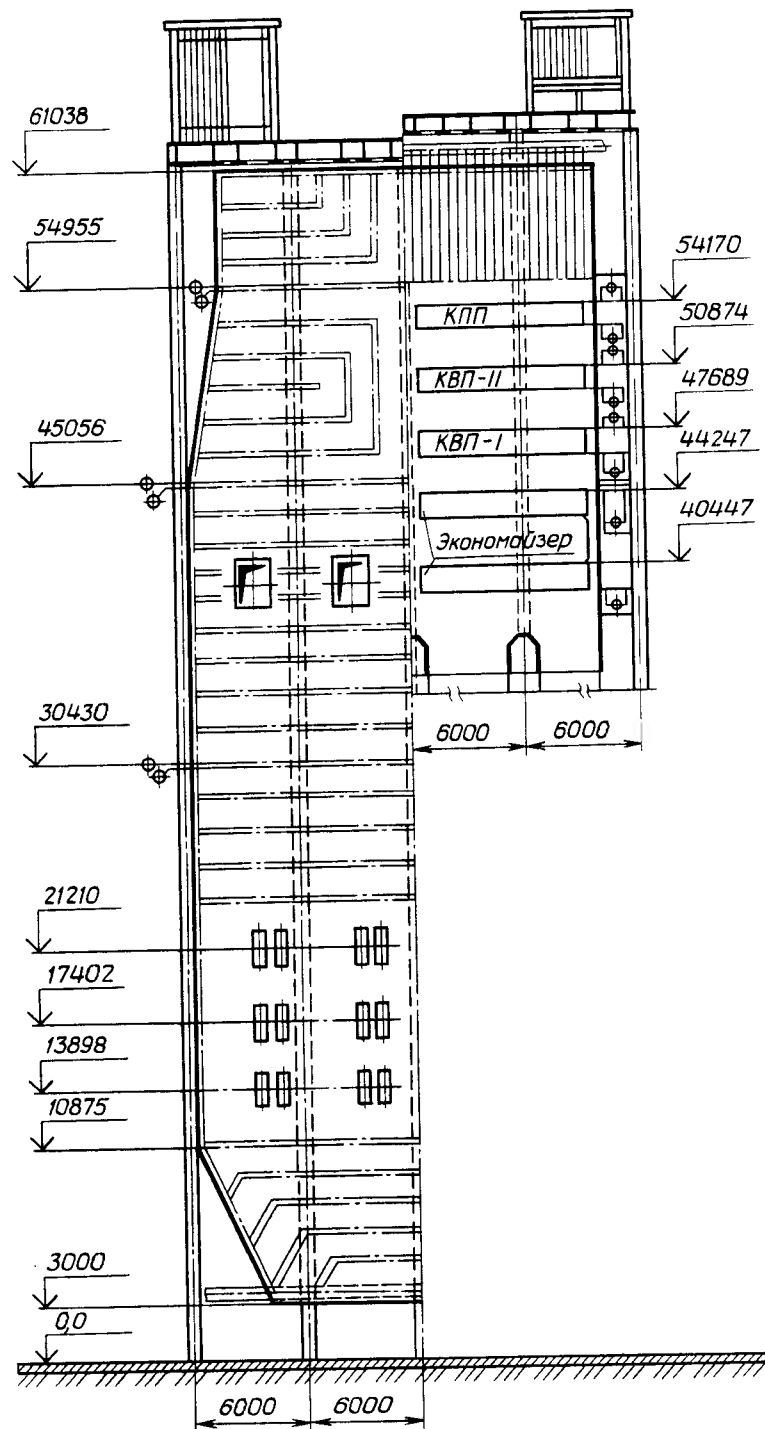


Рис. 82. Продольный разрез котла Пп-1000-25-545-542 БГТ (П-64-3)

Для подогрева воздуха в отдельной шахте вне котла установлен каскадный трубчатый воздухоподогреватель ЗиО из труб  $\varnothing 40$  мм с толщиной стенки 1,6 мм (Ст. 10), часть воздухоподогревателя состоит из труб  $\varnothing 40 \times 3$  мм.

Первичный пароводяной тракт состоит из двух несмешивающихся потоков с автоматическими системами регулирования. Температура пара высокого давления в заданных пределах по тракту регулируется двумя впрысками питательной воды.

Тракт вторичного пара состоит из четырех параллельных потоков. Температура вторичного пара регулируется изменением пропуска вторичного пара помимо вынесенного

паро-парового теплообменника.

Для аварийного регулирования температуры вторичного пара предусмотрен впрыск питательной воды. Пылеприготовление осуществляется по индивидуальной разомкнутой схеме с восемью мельницами-вентиляторами типа МВ 2700/650/590 предвключенной бильной частью и инерционными сепараторами.

Для очистки ширмовых и конвективных поверхностей нагрева используются пушечная и газоимпульсная щетки.

На котле применена кирпичная обмуровка топочной камеры и обмуровка конвективных шахт щитами. Изоляционный слой обмуровки состоит из известковых кремнеземистых плит. Плотность теплового тракта котла достигается за счет натрубной металлической обшивки.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты. Котлоагрегат поставляют крупными транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                         |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                 | 1000                                       |
| Вид топлива:                                                            |                                            |
| основного                                                               | Ангренский бурый уголь                     |
| резервного                                                              | Газ природный                              |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                | 800                                        |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                              |                                            |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления промперегревателя:     | 25,0 (250)                                 |
| на входе                                                                | 4,0 (40,5)                                 |
| на выходе                                                               | 3,7 (37,2)                                 |
| Температура, °С:                                                        |                                            |
| на выходе пара высокого давления                                        | 545                                        |
| пара промперегрева:                                                     |                                            |
| на входе                                                                | 293                                        |
| на выходе                                                               | 542                                        |
| питательной воды                                                        | 270                                        |
| уходящих газов                                                          | 175/145                                    |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                               |                                            |
| расчетный                                                               | 89,2/92,2*                                 |
| гарантийный                                                             | 88,8/90,0*                                 |
| Расход топлива, т/ч:                                                    |                                            |
| натурального (для газа – м <sup>3</sup> ·ч)                             | 235/79,3·10 <sup>3</sup>                   |
| условного                                                               | 98,7                                       |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:          |                                            |
| газовой                                                                 | 448**                                      |
| воздушной                                                               | 411**                                      |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 640                                        |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | 2,9·10 <sup>6</sup> /2,2·10 <sup>6</sup> * |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | 52·10 <sup>3</sup> /50·10 <sup>3</sup> *   |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | 12,3·10 <sup>3</sup>                       |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                       |                                            |

|                                                                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ширина                                                                                                               | 36   |
| глубина                                                                                                              | 24   |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 67,8 |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |      |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                              | 100  |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 200  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                                                | 5    |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                                                       | 85   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>                                      | 0,57 |

\* В числителе при сжигании угля, в знаменателе – газа

\*\* При сжигании угля

### 5.8. Котел Пп-1000-25-545/542 Г (П-74)

Опытно-промышленный котел Пп-1000-25-545/ 542 Г (П-74) входит в состав бинарной установки с МГД-генератором мощностью 200 МВт и обычной паротурбинной установкой с турбиной номинальной мощностью 300 МВт. Котел предназначен для работы как в режиме МГД, так и автономном режиме. Теплоносителем в режиме МГД являются продукты неполного сгорания природного газа (газопровод Средняя Азия – Центр), поступающие из МГД-канала при температуре 2300 К и содержащие ионизирующую присадку-поташ.

В автономном режиме топливом является природный газ.

Котел прямоточный, газоплотный, с уравновешенной тягой, однокорпусный, без собственного каркаса, поверхности нагрева подвешены к металлоконструкциям здания (рис. 83, 84).

Топочная камера котла соединена с МГД-каналом ступенчатым диффузором и узлом ввода, служащим для снижения скорости и выравнивания потока газов на входе в топку.

Диффузор частично экранирован поверхностью, включенной в контур котла после экономайзера и служащей для снижения температуры газов, величина которой достаточна для надежной работы обмуровки диффузора. Перед экранированной частью диффузора установлен шибер, отсекающий МГД-канал от котла.

В топке прямоугольного сечения установлены 12 вихревых горелок, расположенных встречно на фронтальной и задней стенах топки в один ярус по шесть горелок. В режиме МГД через горелки подается воздух для дожигания продуктов неполного сгорания природного газа. Воздух при данном режиме подогревается в трубчатом воздухоподогревателе (ТВП), установленном за электрофильтрами. В автономном режиме воздух подогревается двумя регенеративными воздухоподогревателями (РВП), вынесенными за пределы здания.

Топка экранирована цельносварными мембранными панелями, в которых использованы плавниковые трубы Ø 32х6 мм с шагом 48 мм (сталь 12Х1МФ).

Горизонтальный газоход экранирован мембранными панелями с использованием труб Ø 32х6 мм и шагом 48 мм.

Опускной газоход экранирован цельносварными панелями из труб Ø 32х6 мм (сталь 12Х1МФ) с шагом 72 мм.

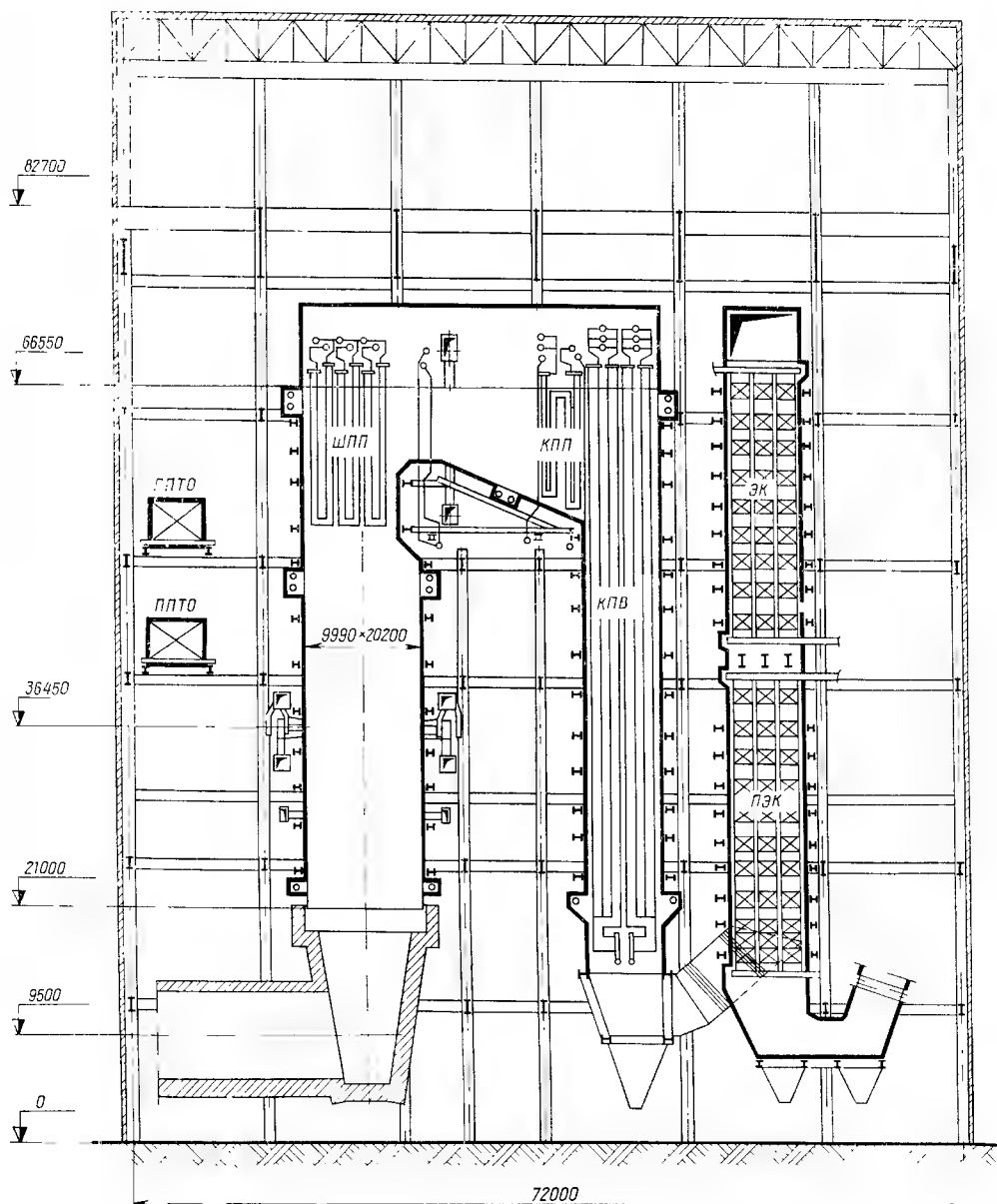


Рис. 83. Продольный разрез котла Пп-1000-25-545/542 Г (П-74)

На выходе из топки расположены три ступени ширмового перегревателя, выполненные из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм и изготовленные из стали 12Х1МФ (первая ступень) и стали 12Х18Н12Т (вторая и третья ступени).

В начале горизонтального газохода после фестонов устанавливаются сопла ввода рециркуляции. Газ для рециркуляции отбирается после экономайзера и предназначен для создания условий, при которых исключается прогрессирующее шлакование поверхностей нагрева поташом.

В конце горизонтального газохода расположен ширмовый конвективный перегреватель первичного пара, выполненный из труб  $\varnothing 32 \times 6$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

В первой конвективной шахте расположен конвективный промперегреватель, выполненный в виде продольно-омываемых «щек» из труб  $\varnothing 42 \times 4$  мм изготовленных из стали 12Х1МФ (первая ступень, а также из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм из стали 12Х1МФ и 12Х18Н12Т (вторая ступень).



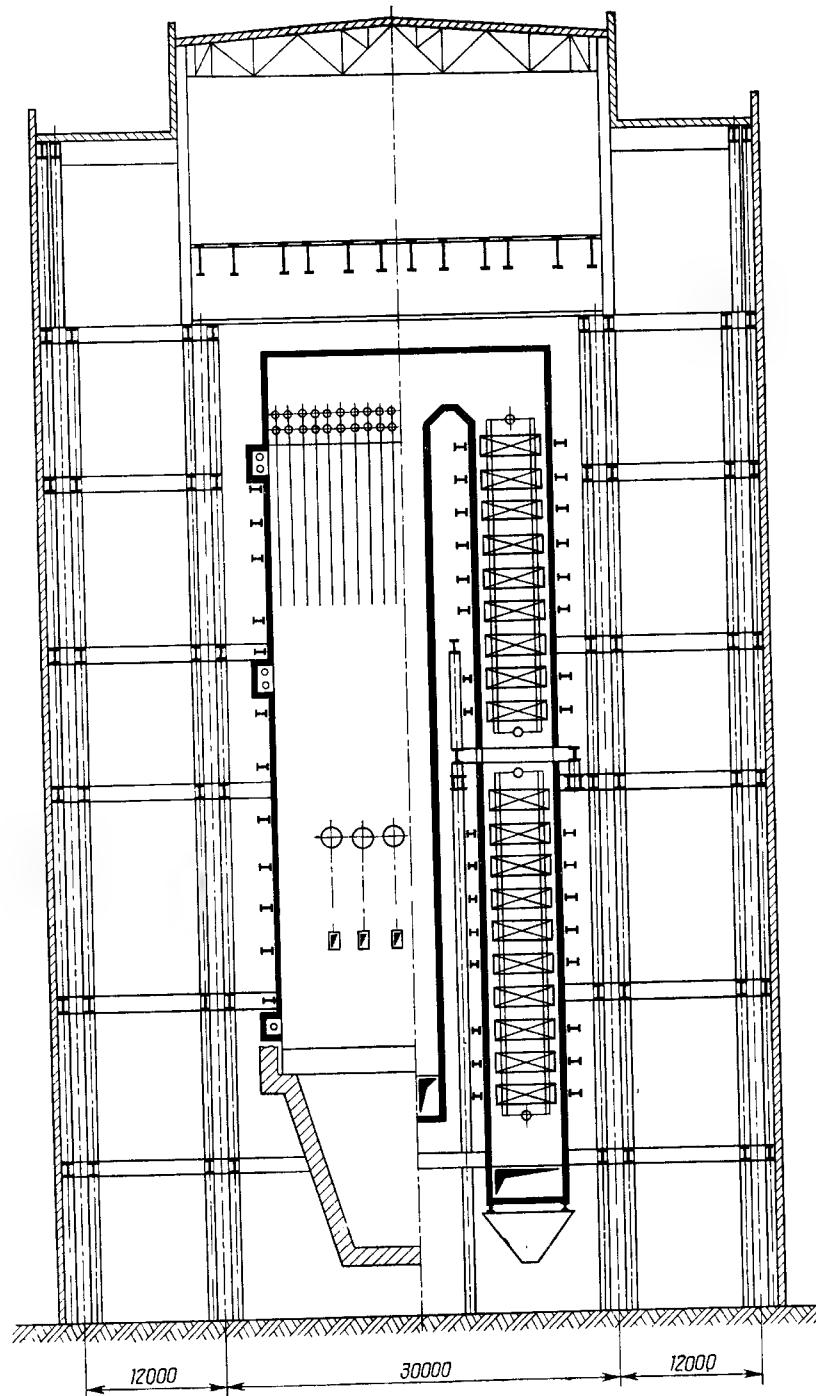


Рис. 84. Поперечный разрез котла Пп-1000-25-545/542 Г (П-74)

Вторая конвективная шахта состоит из подъемного «пустого» газохода и двух опускающих газоходов, в которых расположены поверхности экономайзеров – основного и предвключенного, выполненных из мембранных змеевиков с варкой полосы между трубами  $\varnothing 42 \times 6,5$  мм (сталь 20).

Предвключенный экономайзер, байпасирующий ПВД, предназначен для снижения температуры уходящих газов в режиме МГД. В автономном режиме он отключен по среде.

Среда высокого давления движется двумя регулируемыми потоками. В режиме МГД питательная вода при  $t = 167^\circ \text{C}$  поступает в ПВД ( $0,7 D$ ) и в ПЭН ( $0,3 D$ ).

Температура пара высокого давления регулируется впрыском питательной воды.

Тракт промперегрева состоит из четырех регулируемых потоков. Температура пара промперегрева регулируется путем байпасирования паро-парового теплообменника. За ППТО по ходу среды расположены промежуточные пароперегреватели первой и второй ступеней. Кроме того, для автономного режима предусмотрена рециркуляция низко-температурных газов в низ топки.

После ПВД и ПЭН среда перемешивается и, разделяясь на два регулируемых потока, поступает в экономайзер.

В автономном режиме питательная вода после ПВД при  $t = 275\text{ }^{\circ}\text{C}$  поступает сразу в экономайзер.

Обмуровка котла выполнена в виде натрубной изоляции, выполненной из известково-керамзитовых плит.

Котел выполнен подвесным к конструкции здания, в связи с чем собственный каркас отсутствует.

Предусмотрен обвязочный каркас, обеспечивающий жесткость системы и воспринимающий нагрузки от системы помостов и лестниц для обслуживания котла.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла. Для очистки поверхностей нагрева ограждающей стены в районах ширм и горизонтального газохода предусмотрены маловыдвижные обдувочные аппараты, для ширмовых перегревателей – глубоководные аппараты. Очистка экономайзерной шахты осуществляется с помощью дробеструйной установки и аппаратами водяной очистки.

Котел снабжен необходимой арматурой, автоматическим регулированием, приборами и средствами тепловой защиты в требуемом объеме.

Котел поставляется транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                                        |                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                | 900/1000*                                  |
| топлива:                                                                               |                                            |
| основного                                                                              | Продукт сгорания<br>после МГД-канала       |
| резервного                                                                             | Природный газ                              |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                               | 850/850                                    |
| Давление пара, МПа:                                                                    |                                            |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления промперегрева:                        | 25/25                                      |
| на входе                                                                               | 4,2/4,3                                    |
| на выходе                                                                              | 3,9/4,0                                    |
| Температура, $^{\circ}\text{C}$ :                                                      |                                            |
| на выходе пара высокого давления                                                       | 545/545                                    |
| пара промперегрева:                                                                    |                                            |
| на входе                                                                               | 302/302                                    |
| на выходе                                                                              | 542/542                                    |
| питательной воды                                                                       | 275/275                                    |
| уходящих газов                                                                         | 190/145                                    |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, расчетный %:                                    | 90,7/93,4                                  |
| Расход топлива натурального, $\text{м}^3/\text{ч}$                                     | – /73,8·10 <sup>3</sup>                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, $\text{ккал}/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$ | – /3,3·10 <sup>6</sup>                     |
| Тепловое напряжение объема топки, $\text{ккал}/(\text{м}^3\cdot\text{ч})$              | 101·10 <sup>3</sup> /152,8·10 <sup>3</sup> |

|                                                                                                                      |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                | 6,6·10 <sup>3</sup> |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                                                                    |                     |
| ширина                                                                                                               | 54                  |
| глубина                                                                                                              | 72                  |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 82,7                |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                     |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                              | 100                 |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 100                 |

\* В числителе представлены значения параметров котла в МГД-режиме, в знаменателе – в автономном режиме

### 5.9. Котел Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65)

Котел Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65) предназначен для работы на низкосортных югославских лигнитах в блоке с турбиной мощностью 210 МВт.

Котел прямоточный, на высокие параметры пара с промперегревом, однокорпусный, с уравновешенной тягой, с твердым шлакоудалением, имеет разную полуоткрытую компоновку, устанавливается в районе с сейсмичностью 7 баллов (рис. 85, 86).

Топочная камера в нижней части имеет восьмигранное сечение, переходящее в верхней части в более узкое четырехгранное.

На шести боковых стенках восьмигранника в 3 яруса встречно расположены 24 щелевые пылеугольные горелки.

В верхней части топочной камеры на шести вертикальных гранях выполнена объемная разводка экранных труб под газозаборные окна.

Топочная камера полностью экранирована. Экраны топочной камеры образованы путем горизонтальной двухленточной навивки труб и представляет собой нижнюю радиационную часть (НРЧ) труб Ø 38х4,5 мм, Ø 42х6 мм, Ø 45х5 мм (сталь 12Х1МФ и сталь 20), среднюю радиационную часть (СРЧ) из труб Ø 45х4,5 мм и Ø 45х6 мм (сталь 12Х1МФ) и верхнюю радиационную часть (ВРЧ) из труб Ø 45х6 мм (сталь 12Х1МФ).

На выходе из топки в двух соединительных газоходах симметрично расположен ширмовый пароперегреватель из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ).

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты, в которых по ходу газов расположены конвективные промперегреватель из труб Ø 32х4 мм и Ø 36х6 мм (сталь 12Х1МФ и 12Х18Н12Т); конвективный пароперегреватель из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ); переходная зона или зона максимальных тепло напряжений из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ) и экономайзер второй и первой ступеней из труб Ø 32х5 мм (сталь 20).

Конвективные поверхности в каждой шахте разбиваются на два полупакета со своими входными и выходными камерами, расположенными на фронтальной и задней стенах конвективной шахты.

Среда высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя несмешивающимися автономно регулируруемыми потоками, среда низкого давления – четырьмя параллельными потоками.

Регулирование температуры перегрева пара высокого давления производится впрыском питательной воды.

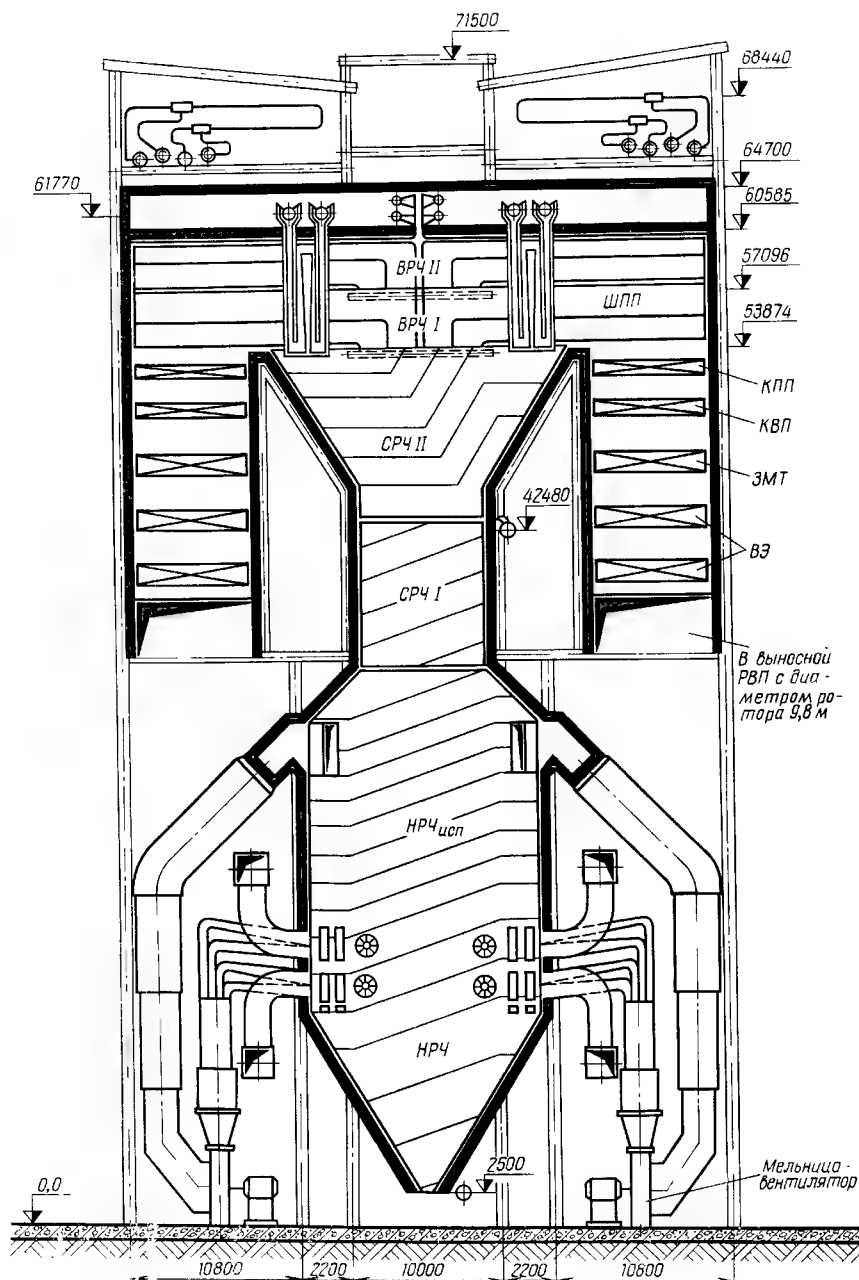


Рис. 85. Продольный разрез котла Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65)

Тракт пара промперегрева состоит из четырех параллельных потоков.

Регулирование температуры промперегрева осуществляется байпасированием вынесенного паро-парового теплообменника.

Для подогрева воздуха установлены два регенеративных воздухоподогревателя с диаметром ротора 9,8 м с вертикальным расположением вала, вынесенные за пределы котла.

Для подготовки топлива к сжиганию применена индивидуальная разомкнутая система пылеприготовления, включающая в себя шесть мельниц вентиляторов с инерционными сепараторами. Сушка топлива производится топочными газами. У каждого мельничного вентилятора имеется своя газозаборная шахта.

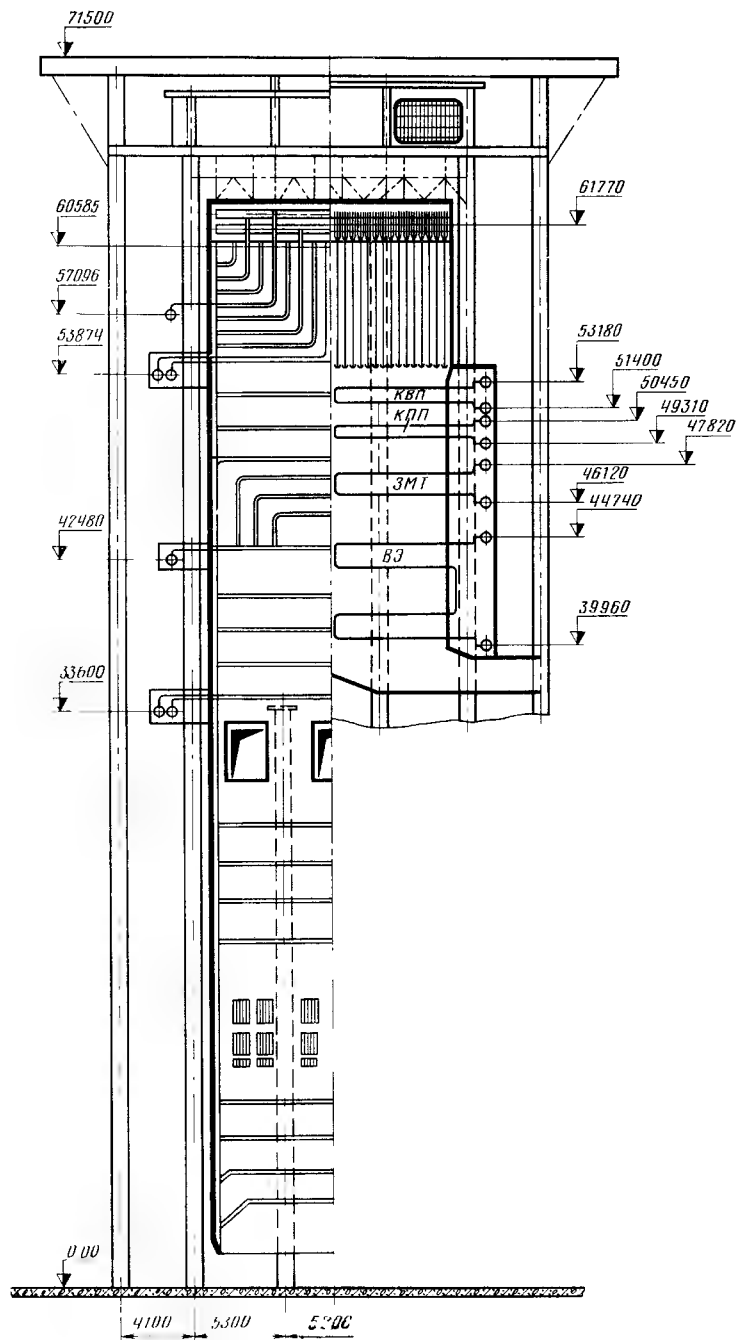


Рис. 86. Поперечный разрез котла Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65)

На котле применена кирпичная кладка и изоляционная обмуровка из известково-керамзитовых плит. Плотность газового тракта достигается за счет наружной металлической обшивки.

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрены обдувочные аппараты.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы.

Предусмотрены средства тепловой защиты.

Котел спроектирован с учетом проведения ремонта поверхностей нагрева внутри

котла.

Котел доставляется на монтаж крупными транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                                                                      |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                                              | 660                |
| Вид топлива                                                                                                          | Югославский лигнит |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                             | 557                |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                                           |                    |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                                                                     | 13,8 (140)         |
| промперегрева:                                                                                                       |                    |
| на входе                                                                                                             | 2,5 (25,5)         |
| на выходе                                                                                                            | 2,3 (23,5)         |
| Температура, °С:                                                                                                     |                    |
| на выходе пара высокого давления                                                                                     | 545                |
| пара промперегрева:                                                                                                  |                    |
| на входе                                                                                                             | 327                |
| на выходе                                                                                                            | 545                |
| питательной воды                                                                                                     | 247                |
| уходящих газов                                                                                                       | 170                |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                            |                    |
| расчетный                                                                                                            | 87,3               |
| гарантийный                                                                                                          | 85                 |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                 |                    |
| натурального                                                                                                         | 290                |
| условного                                                                                                            | 72,5               |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                       |                    |
| газовой                                                                                                              | 251                |
| воздушной                                                                                                            | 241                |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                      | 435                |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                                                              |                    |
| воздуха:                                                                                                             |                    |
| на входе                                                                                                             | 60                 |
| на выходе                                                                                                            | 301                |
| газов:                                                                                                               |                    |
| на входе                                                                                                             | 307                |
| на выходе                                                                                                            | 170                |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/ (м <sup>2</sup> ·ч)                                             | $3,04 \cdot 10^6$  |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                           | $59,6 \cdot 10^3$  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                | $9,0 \cdot 10^3$   |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                                                                    |                    |
| ширина                                                                                                               | 36                 |
| глубина                                                                                                              | 24                 |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                   | 65,9               |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающих под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                    |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                              | 100                |
| для трубопроводов в пределах котла и камер (кроме выходных камер пароперегревателя)                                  | 100                |

|                                                                                 |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                           | 5    |
| Эквивалентный уровень звука в зоне постоянного обслуживания, дБ                 | 85   |
| Удельный выброс окислов азота при сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup> | 0,69 |

### 5.10. Котел Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62)

Котел Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62) предназначен для работы на болгарских лигнитах в блоке с турбиной мощностью 210 МВт (К-210-130).

Котельный агрегат барабанный, однокорпусный, с естественной циркуляцией, на высокие параметры пара, с промперегревом, имеет полуоткрытую Т-образную компоновку (рис. 87, 88).

На котле установлены два барабана. Барабаны расположены вдоль стен топки справа и слева от топочной камеры.

Топочная камера с цельносварными экранами, открытого типа, призматическая, в сечении представляет собой прямоугольник размерами по осям труб 12,24X14,54 м.

В топочной камере расположены испарительная часть (экранный система) и настенный пароперегреватель.

Испарительная часть подвешивается к поясу балок и может при нагреве свободно расширяться вниз и в стороны; выполнена из труб Ø 50x5 мм (сталь 20). Правая часть экранной системы присоединяется к правому барабану, левая – к левому. В экранах топки предусмотрены газозаборные окна для отбора газов на сушку топлива. Боковые стены топочной камеры в районе поворотных газоходов образуют аэродинамические выступы.

Настенный радиационный пароперегреватель крепится к каркасу обычным способом и выполнен из труб Ø 45x5 мм (сталь 20).

Топочная камера оборудована восемью основными щелевыми, сбросными и мазутными горелками расположенными по две на каждой стороне топочной камеры. Барабаны котла имеют внутренний диаметр 1500 мм с толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения одноступенчатая, с промывкой пара питательной водой и представляет собой барабан с внутрибарабанными циклонами и промывочными устройствами.

Вода из барабанов к испарительным экранам поступает по стоякам, из которых подается в нижние камеры экранов по трубам Ø 133x13 мм (сталь 20).

Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 133x13 мм (сталь 20). В горизонтальных газоходах котла, соединяющих топочную камеру с конвективными шахтами, установлены вертикальные ширмы, выполненные из труб Ø 32x5 мм (сталь 12Х1МФ), конвективные выходные пакеты пара высокого давления и промперегревателя.

Котел имеет две одинаковые конвективные шахты. По ходу газов в шахтах расположены симметрично следующие поверхности нагрева: конвективный пароперегреватель высокого давления первой ступени, конвективный промперегреватель первой ступени, водяной экономайзер второй и первой ступеней.

В основном, конвективный пароперегреватель высокого давления выполнен из труб Ø 32x5 мм (сталь 12Х1МФ) и незначительная часть из труб Ø 32x5 мм (сталь 12Х18Н12Т). Конвективный промперегреватель состоит из труб Ø 42x4 мм (сталь 12Х1МФ), а его выходная часть – из труб Ø 42x4 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Водяной экономайзер второй и первой ступеней выполнен из труб Ø 32x4 мм (сталь 20). Для подогрева воздуха применен трубчатый воздухоподогреватель, вынесенный за пределы котельной.

Для обеспечения надежной работы котла на низкосортном топливе с большим содержанием серы в котле применен каскадный трубчатый воздухоподогреватель из труб Ø 40x1,5 мм (сталь Вст. 2 сп).

Пар высокого давления от входа в котел до выхода из него движется двумя независимыми автономно регулируемыми потоками; пар низкого давления – четырьмя потоками.

Регулирование температуры перегрева пара высокого давления производится двумя впрысками питательной воды.

Регулирование температуры перегрева пара низкого давления осуществляется байпасированием первой ступени конвективного промперегревателя.

Система пылеприготовления индивидуальная с прямым вдуванием и газовой сушкой.

Котел оборудован восемью мелющими вентиляторами, расположенными по два на каждой стороне топочной камеры.

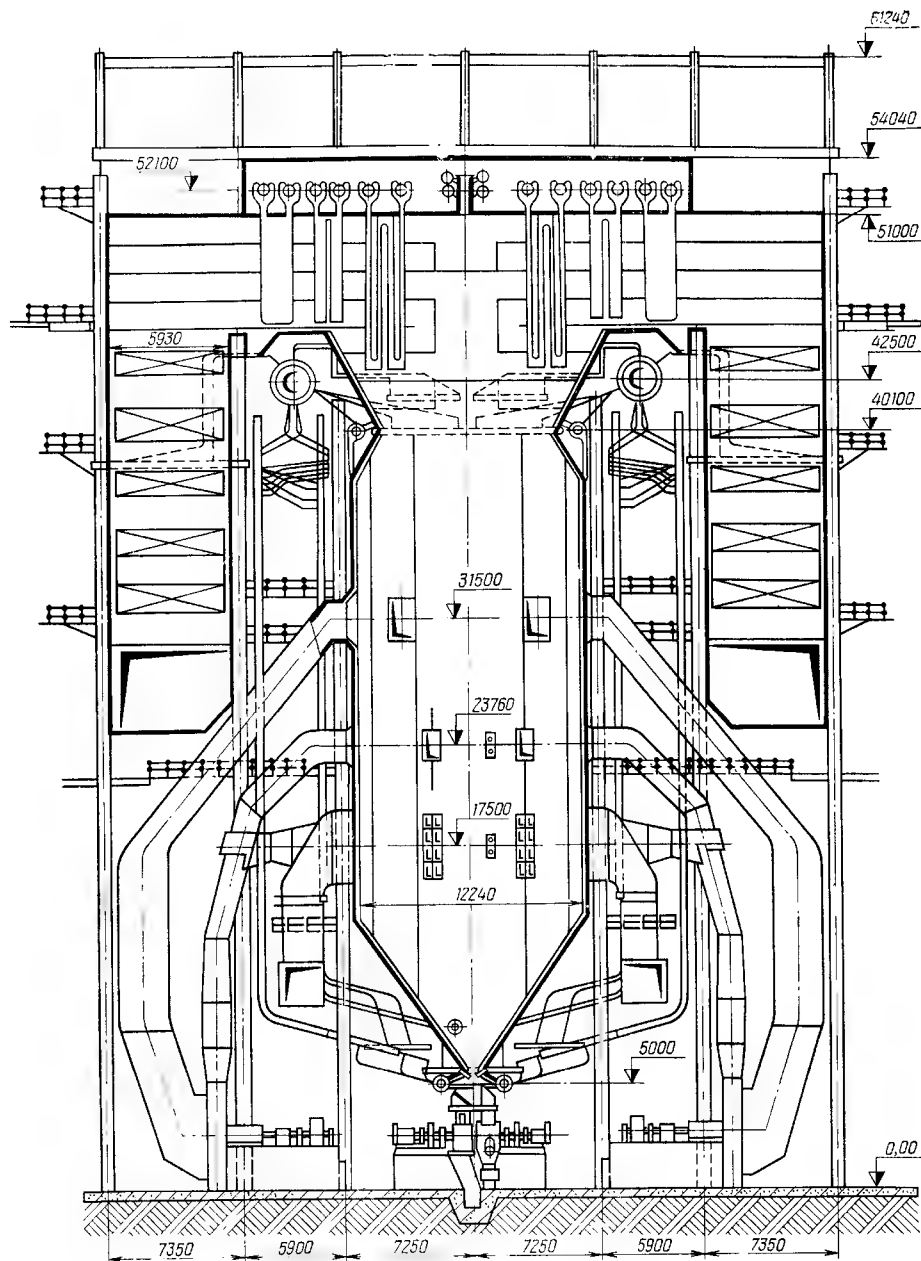


Рис. 87. Продольный разрез котла Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62)



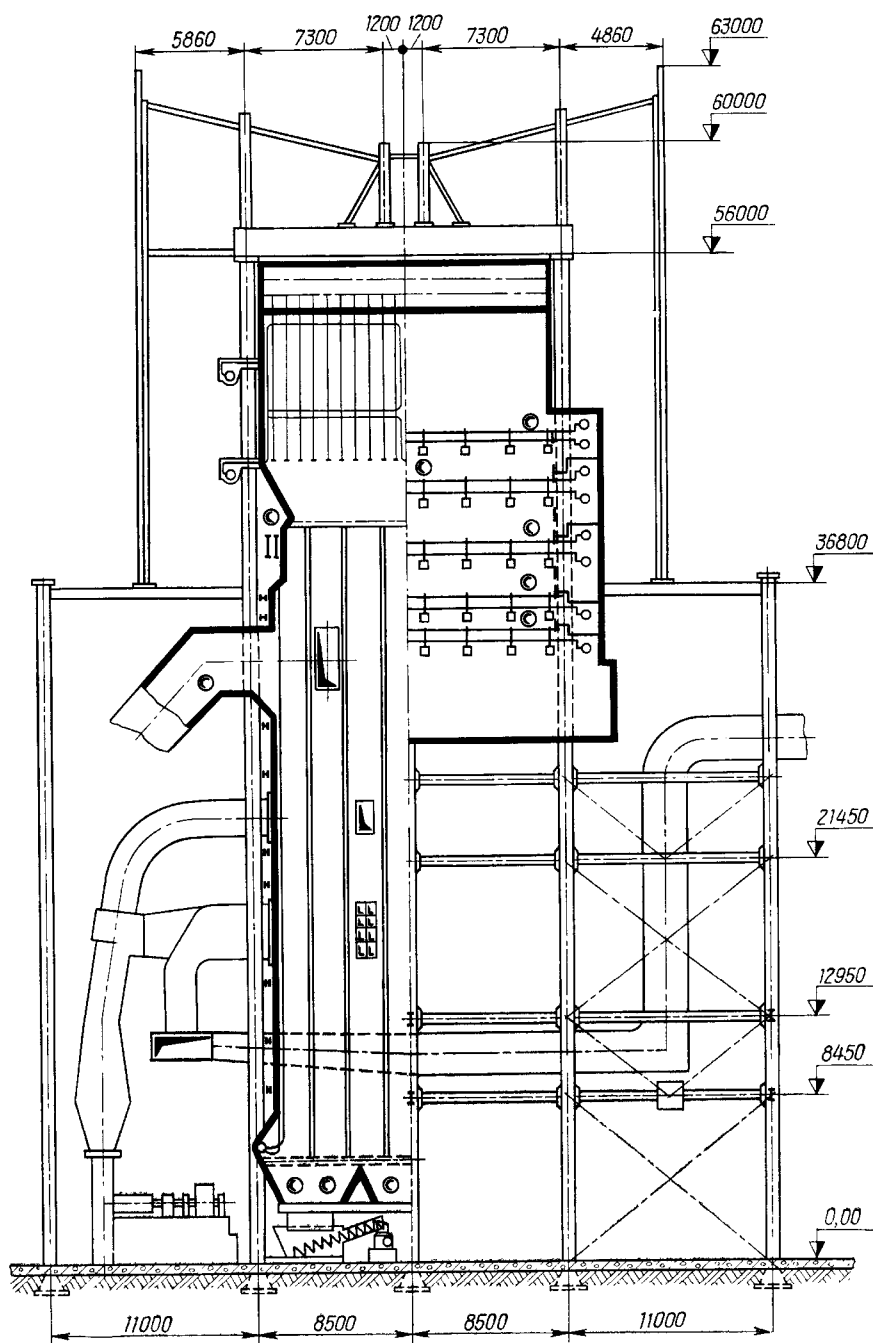


Рис. 88. Поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62)

Котел предназначен для работы с твердым шлакоудалением. Для этой цели служит установка шнекового типа, в которой шлак измельчается и перебрасывается в канал золоудаления.

Обмуровка конвективной шахты – кирпичная. Газоплотная часть топочной камеры имеет натрубную обмуровку, потолок в районе «теплого ящика» – обмуровку из плит.

Для очистки поверхностей экрана применены обдувочные аппараты типа ОМ-0,35.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты котла.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла.

Котел поставляется на монтаж крупными транспортабельными блоками, выполненными с учетом установки его в районе с сейсмичностью 8 баллов.

### Технические характеристики

|                                                                                                                       |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Номинальная производительность, т/ч                                                                                   | 670                   |
| Вид топлива                                                                                                           | Болгарские<br>лигниты |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч                                                                              | 580                   |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                                                                            |                       |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления                                                                      | 13,8(140)             |
| промперегрвва:                                                                                                        |                       |
| на входе                                                                                                              | 2,7 (27,6)            |
| на выходе                                                                                                             | 2,6 (26,5)            |
| Температура, °С:                                                                                                      |                       |
| на выходе пара высокого давления                                                                                      | 545                   |
| пара промперегрева:                                                                                                   |                       |
| на входе                                                                                                              | 337                   |
| на выходе                                                                                                             | 545                   |
| питательной воды                                                                                                      | 242                   |
| уходящих газов                                                                                                        | 173                   |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                                                             |                       |
| расчетный                                                                                                             | 83,67                 |
| гарантийный                                                                                                           | 83,5 ± 0,5            |
| Расход топлива, т/ч:                                                                                                  |                       |
| натурального                                                                                                          | 367,8                 |
| условного                                                                                                             | 74,6                  |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:                                                        |                       |
| газовой                                                                                                               | 259                   |
| воздушной                                                                                                             | 173,9                 |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                                                       | 436                   |
| Температура в воздухоподогревателе, °С                                                                                | 30                    |
| воздуха:                                                                                                              |                       |
| на входе                                                                                                              | 101                   |
| на выходе                                                                                                             | 270                   |
| газов:                                                                                                                |                       |
| на входе                                                                                                              | 289                   |
| на выходе                                                                                                             | 173                   |
| Температура воздуха до калориферов, °С                                                                                | 30                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                                               | 3,01·10 <sup>6</sup>  |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                                                            | 80,6·10 <sup>3</sup>  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                                                 | 6,7·10 <sup>3</sup>   |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                                                                     |                       |
| ширина                                                                                                                | 41                    |
| глубина                                                                                                               | 17                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                                                    | 54                    |
| Полный назначенный ресурс элементов котла, работающего под давлением с расчетной температурой 450 °С и более, тыс. ч: |                       |
| для труб поверхностей нагрева, а также выходных камер пароперегревателя                                               | 100                   |

|                                                                                        |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| для трубопроводов в пределах котла и камер<br>(кроме выходных камер пароперегревателя) | 100  |
| Средний срок службы между капитальными ремонтами, лет                                  | 5    |
| Эквивалентный уровень шума в зоне постоянного обслуживания, дБ                         | 85   |
| Удельный выброс окислов азота гари сжигании расчетного топлива, г/м <sup>3</sup>       | 0,28 |

## 6. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПО "СИБЭНЕРГОМАШ" (г. Барнаул)

### 6.1. Котел Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)

Котел Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140) с промежуточным перегревом пара предназначен для работы в блоке с турбиной К-210-130. Топливо – индийский каменный уголь.

Котел вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией, однобарабанный, однокорпусный, открытой П-образной компоновки, в газоплотном исполнении (рис. 89, 90) выполнен для работы в тропиках с сейсмичностью 9 баллов. Он имеет твердое шлакоудаление и оборудован двумя шнековыми транспортерами и дробилками.

Топочная камера призматической формы, открытого типа, с размерами в плане по осям труб 11,85х14,46 м, полностью экранирована цельносварными газоплотными испарительными панелями, выполненными из труб Ø 60х6 мм с вваренной полосой между трубами (сталь 20), шаг – 80 мм.

Фронтальной и задней экраны в нижней части топки образуют скаты холодной воронки, через которую выпадающий шлак удаляется непрерывно.

Топка оборудована двенадцатью прямоточными горелками, размещенными в два яруса на фронтальной, задней и боковых стенах тангенциально к вертикальной оси топки.

Топочные экраны секционированы на 22 независимых циркуляционных контура.

Блоки топочной камеры подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз.

Жесткость и прочность стен топочной камеры обеспечиваются поясами жесткости.

Барабан котла сварной с внутренним диаметром 1600 мм и толщиной стенки 115 мм (сталь 16ГНМА).

Вода из барабана к испарительным экранам подается по стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20). Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

Вторая ступень испарения представляет собой две группы выносных сепарационных циклов с собственной водоопускной и пароотводящей системами.

Пароперегреватель высокого давления радиационно-конвективного типа размещен в топочной камере и горизонтальном газоходе. Потолок и стены горизонтального и опускного газоходов экранированы цельносварными перегревательными панелями, выполненными из труб Ø 60х6 мм (сталь 20). Под горизонтального газохода выполнен из стали 15ХМ.

Радиационную часть пароперегревателя высокого давления, кроме потолка и стен горизонтального и опускного газоходов, составляют настенные радиационные панели, расположенные на фронтальной и боковых стенах верхней части топки и выполненные из труб Ø 38х5 мм (сталь 12Х1МФ).

Полурадиационную часть пароперегревателя составляют ширмы, размещенные на выходе из топки и выполненные из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ).

В - В

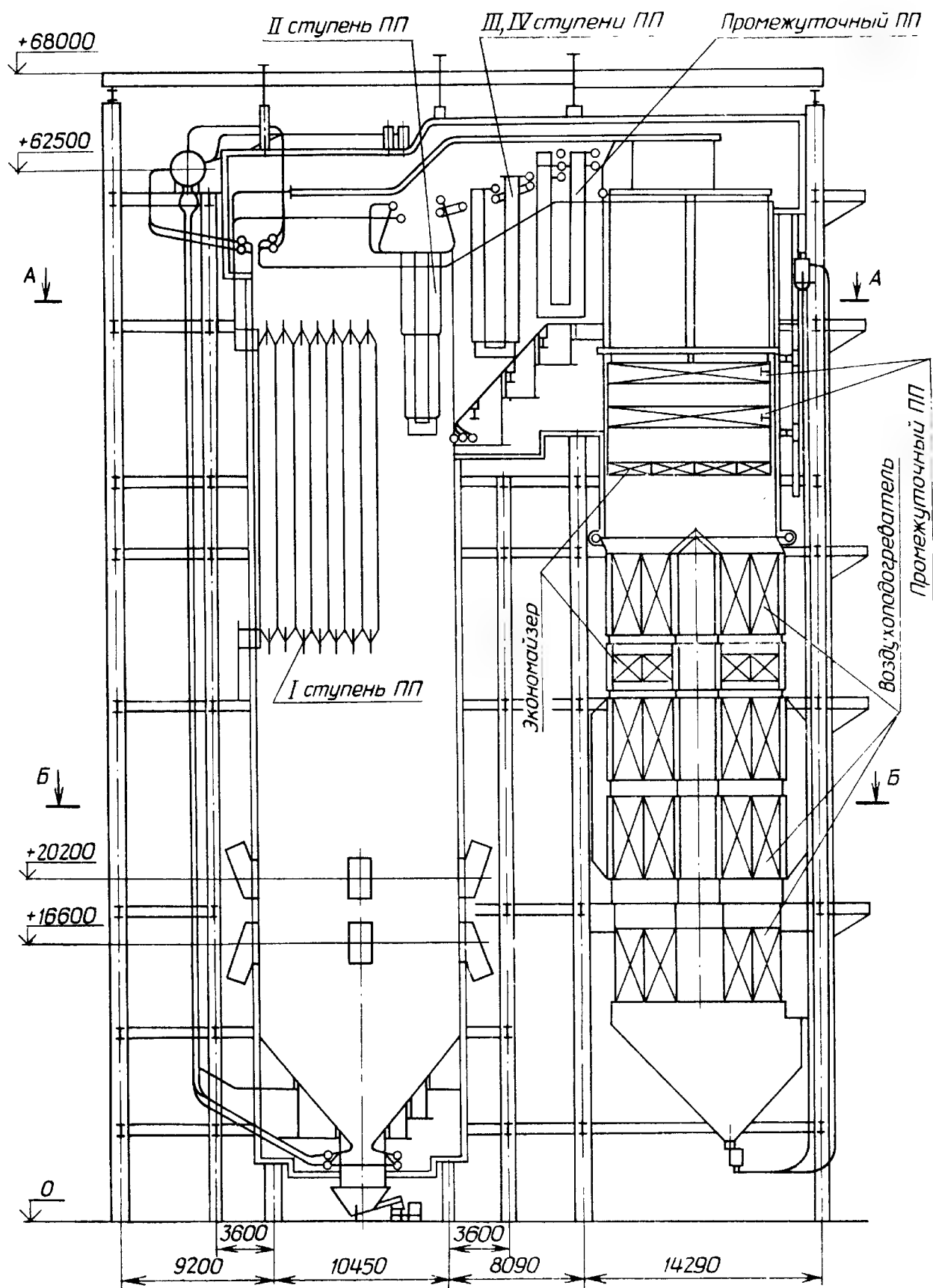


Рис. 89. Продольный разрез котла Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)

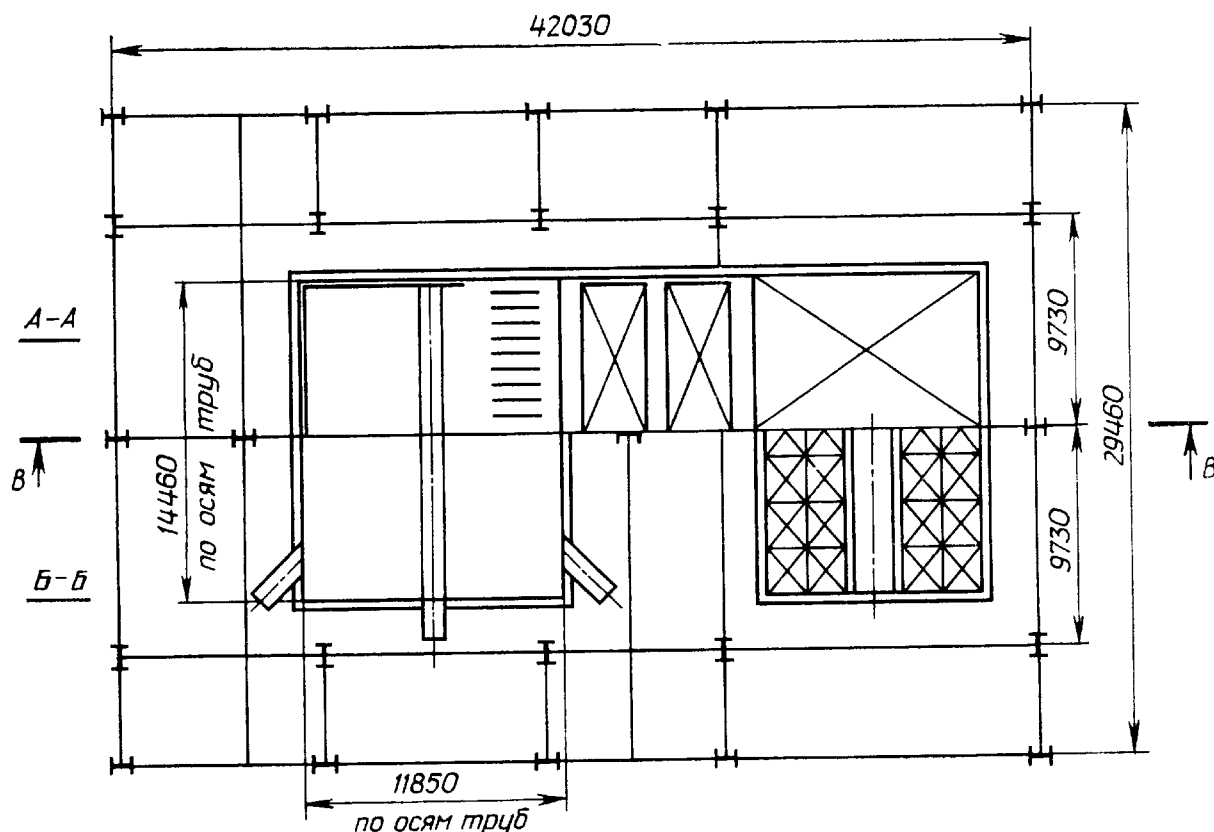


Рис. 90. Продольный разрез котла Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)

Конвективные поверхности пароперегревателя расположены в горизонтальном газоходе. Третья ступень пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 38 \times 6$  мм (сталь 12Х1МФ). Четвертая ступень – из труб  $\varnothing 38 \times 5$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

Промежуточный пароперегреватель конвективного типа состоит из двух частей. Входные пакеты расположены в опускном газоходе, выходные — в горизонтальном газоходе. Все поверхности промежуточного пароперегревателя выполнены из труб  $\varnothing 38 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ, 12Х18Н12Т).

Пароперегреватель высокого давления имеет два независимых потока. Температура перегрева пара высокого давления регулируется впрыском питательной воды в две ступени пароохладителей.

Промежуточный пароперегреватель состоит из двух независимых потоков. Температура перегрева пара пароперегревателя регулируется посредством байпасирования части пара, минуя входную ступень, и впрыском питательной воды.

В опускном газоходе размещен экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель, скомпонованные «в рассечку». Экономайзер состоит из двух ступеней и выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 20). Вторая ступень экономайзера находится в экранированном газоходе.

Трубчатый воздухоподогреватель состоит из четырех секций и выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 2$  мм (Ст. 3).

Кубы воздухоподогревателя и блоки первой ступени экономайзера установлены друг на друга и сварены между собой плотным швом, это позволяет снижать до минимума присосы холодного воздуха. Конвективная шахта установлена собственный портал.

Входные (по ходу воздуха) кубы воздухоподогревателя выполнены съемными с подвеской на раму каркаса опускного газохода.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию из вулканитовых плит и

волокнистых рулонных материалов, поверх которой нанесено газоплотное влагоустойчивое покрытие на основе поливинилацетатной дисперсии. Огнеупорные материалы применены в амбразурах горелок и гарнитуры, а также для шлаковых бункеров, размещенных под топкой.

Наружная поверхность изоляции защищена наружной обшивкой, выполненной из гофрированного оцинкованного листа.

Для очистки поверхностей нагрева пароперегревателя и стен топки котла предусмотрены обдувочные аппараты. Для очистки поверхностей нагрева в опускном газоходе предусмотрена дробеочистка.

Котел спроектирован с учетом возможности проведения ремонта поверхностей нагрева. Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирование температуры перегрева и горения автоматизированы.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                         |                                |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Номинальная производительность, т/ч                                     | 690                            |
| Вид топлива                                                             | Индийский<br>каменный<br>уголь |
| Расход пара перед промперегревателем, т/ч                               | 590                            |
| Давление пара на выходе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):                    |                                |
| из пароперегревателя высокого давления                                  | 13,8 (140)                     |
| из промперегревателя                                                    | 2,5 (25,5)                     |
| Температура, °С:                                                        |                                |
| пара высокого давления                                                  | 540                            |
| пара промперегрева                                                      | 540                            |
| питательной воды                                                        | 248                            |
| уходящих газов                                                          | 137                            |
| КПД (брутто), гарантийный, %                                            | 91,4                           |
| Расход топлива, условного, т/ч                                          | 69,1                           |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:          |                                |
| газовой                                                                 | 180,2                          |
| воздушной                                                               | 343                            |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 450                            |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                 |                                |
| воздуха:                                                                |                                |
| на входе                                                                | 65                             |
| на выходе                                                               | 388                            |
| газов:                                                                  |                                |
| на выходе                                                               | 137                            |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | $3,25 \cdot 10^6$              |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | $66 \cdot 10^3$                |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | $7,6 \cdot 10^3$               |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                       |                                |
| ширина                                                                  | 60                             |
| глубина                                                                 | 81,1                           |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 68                             |

## 6.2. Котел Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)

Котел Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3) предназначен для работы в блоке с турбиной К-210-130. Топливо – лучегорский бурый уголь.

Котел вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией, однобарабанный, на высокие параметры пара с промперегревом, однокорпусный, закрытой П-образной компоновки, в газоплотном исполнении (рис. 91, 92).

Котел имеет топку с твердым шлакоудалением и оборудован двумя шнековыми транспортерами и дробилками.

Топочная камера призматической формы, открытого типа с размерами в плане по осям труб 11,85х14,46 м.

Топочная камера полностью экранирована цельносварными газоплотными испарительными панелями, выполненными из труб Ø 60х6 мм, с вваренной полосой между трубами (сталь 20). Шаг труб составляет 80 мм.

Фронтальной и задней экраны в нижней части топки образуют скаты холодной воронки, через которую выпадающий шлак непрерывно удаляется.

Топка оборудована восемнадцатью прямоточными щелевыми горелками, расположенными в три яруса на фронтальной, задней и боковых стенах.

Над основными горелками находятся шесть сбросных горелок. Основные и сбросные горелки расположены тангенциально к вертикальной оси топки.

Топочные экраны секционированы на 24 независимых циркуляционных контура. Блоки топочной камеры подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз.

Жесткость и прочность стен топочной камеры обеспечиваются поясами жесткости.

Барабан котла сварной, имеет внутренний диаметр 1600 мм и толщину стенки 115 мм (сталь 16ГНМА). Вода из барабана к испарительным экранам подается по стоякам диаметром 219 мм, с толщиной стенки 20 мм (сталь 20). Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая, с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

Вторая ступень испарения представляет собой две группы выносных сепарационных циклонов водоспускной и пароотводящей системами.

Пароперегреватель высокого давления радиационно-конвективного типа размещен в топочной камере и горизонтальном газоходе. Стены, потолок и под горизонтального газохода, а также опускных газоходов экранированы цельносварными перегревательными панелями, выполненными из труб Ø 60х6 мм (сталь 20).

Радиационную часть пароперегревателя высокого давления, кроме потолка и стен горизонтального и опускного газоходов, составляют настенные радиационные панели, расположенные на фронтальной и боковых стенах верхней части топки и выполненные из труб Ø 38х4 мм (сталь 12Х1МФ)

Полурадиационную часть пароперегревателя составляют ширмы, размещенные на выходе из топки.

Конвективные поверхности пароперегревателя расположены в горизонтальном газоходе. Все три типа пароперегревателя высокого давления выполнены из труб Ø 38х5 мм и Ø 38х6 мм (сталь 12Х1МФ).

Промежуточный пароперегреватель конвективного типа состоит из двух частей. Входные пакеты расположены в опускном газоходе, выходные — горизонтальном газоходе. Все поверхности промежуточного пароперегревателя выполнены из труб Ø 42х4 мм (сталь 12Х1МФ и 12Х18Н12Т).

Пароперегреватель высокого давления имеет два независимых потока.

Температура перегрева пара высокого давления регулируется впрыском питательной воды в две ступени пароохладителей.

Промежуточный пароперегреватель состоит из двух независимых потоков. Температура промежуточного перегрева пара регулируется посредством байпасирования части пара, минуя входную ступень. Предусмотрен также аварийный впрыск питательной воды.

В опускном газоходе размещены экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель, скомпонованные «в рассечку».

Экономайзер состоит из двух ступеней и выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20). Вторая ступень экономайзера находится в экранированном газоходе.

Трубчатый воздухоподогреватель состоит из четырех секций и выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (ст. 3).

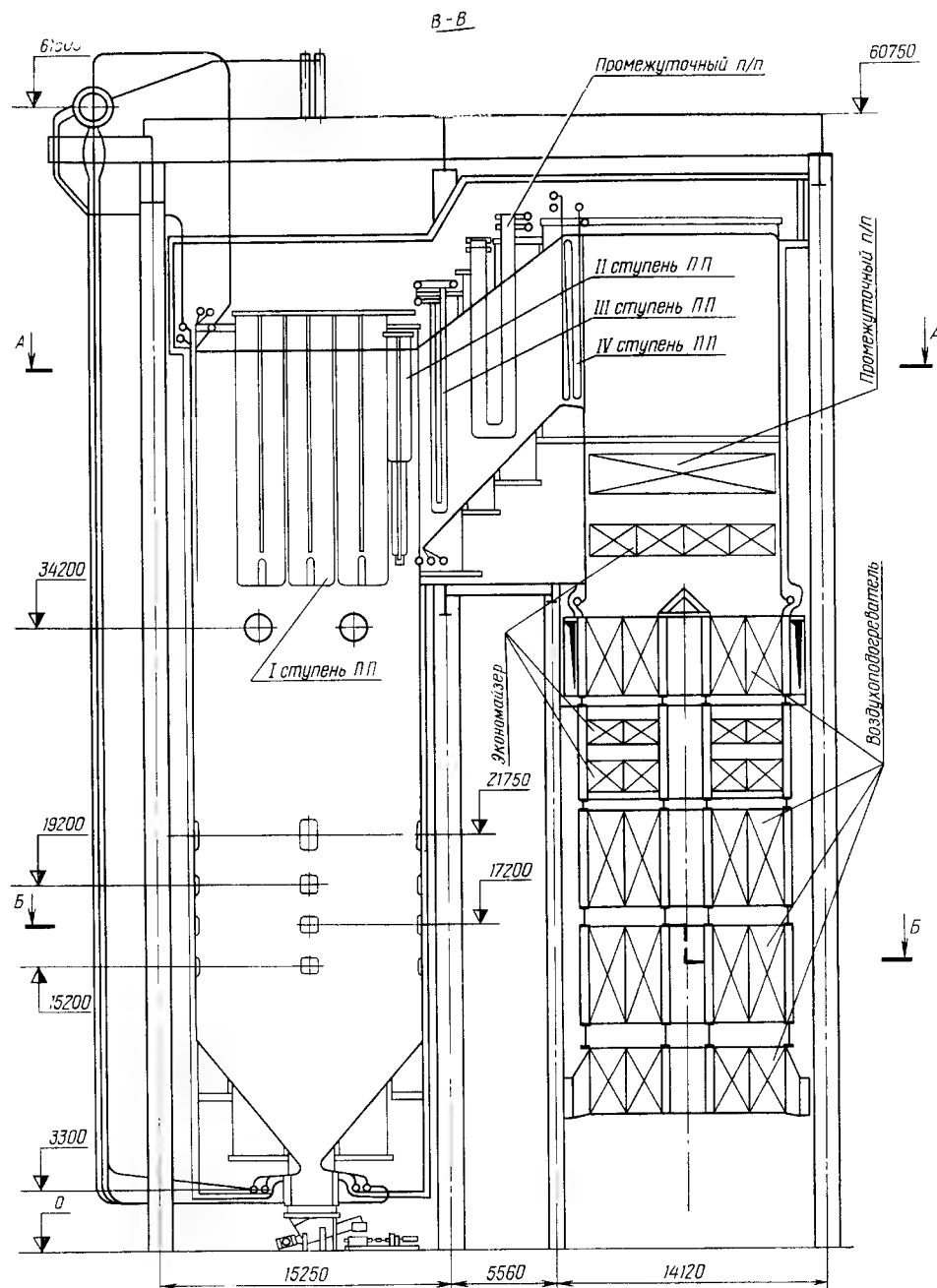


Рис. 91. Продольный разрез котла Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)



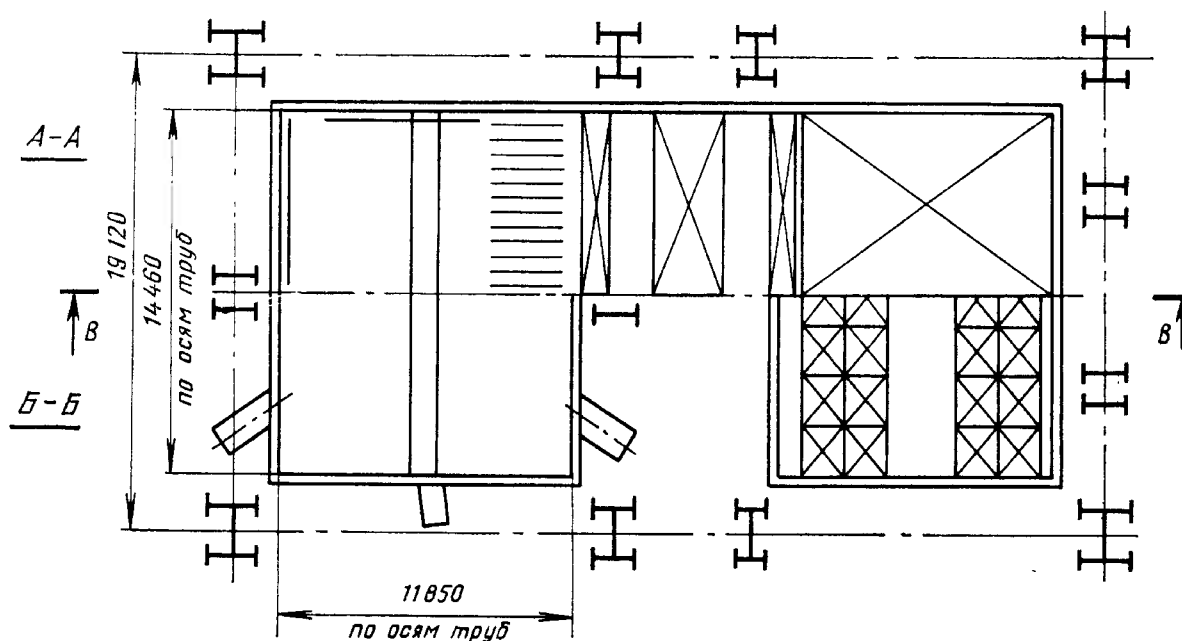


Рис. 92. Поперечный разрез котла Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)

Кубы воздухоподогревателя и блоки первой ступени экономайзера установлены друг на друге и сварены между собой плотным швом, что снижает до минимума присосы холодного воздуха. Конвективная шахта установлена на собственный портал.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию из вулканитовых плит или волокнистых рулонных материалов, поверх которых наносится газоплотное влагостойчивое покрытие на основе поливинилацетатной дисперсии.

Огнеупорные материалы применены в амбразурах горелок и гарнитуре, а также для шлаковых бункеров, размещенных под топкой.

Для очистки стен топки котла предусмотрены обдувочные аппараты.

Котел спроектирован с учетом ремонта поверхностей нагрева; снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирование температуры перегрева пара и горения автоматизированы.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                  |                         |
|--------------------------------------------------|-------------------------|
| Номинальная производительность, т/ч              | 670                     |
| Вид топлива                                      | Лучегорский бурый уголь |
| Расход пара через промперегреватель, т/ч         | 560                     |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ):       |                         |
| на выходе из пароперегревателя высокого давления | 13,8 (140)              |
| промперегревателя:                               |                         |
| на входе                                         | 2,6 (26,5)              |
| на выходе                                        | 2,5 (25,5)              |
| Температура, °С:                                 |                         |
| пара высокого давления                           | 545                     |
| пара промперегрева на выходе                     | 545                     |
| питательной воды                                 | 245                     |
| уходящих газов                                   | 151                     |

|                                                                         |                   |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| КПД (брутто), гарантийный, %                                            | 89                |
| Пародинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:          |                   |
| газовой                                                                 | 208               |
| воздушной                                                               | 289               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 440               |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                 |                   |
| воздуха:                                                                |                   |
| на входе                                                                | 60                |
| на выходе                                                               | 359               |
| газов на выходе                                                         | 151               |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | $3,22 \cdot 10^6$ |
| Тепловое напряжение топочного объема, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)          | $76,4 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | $6,49 \cdot 10^3$ |
| Размеры котла (по осям колонн), м:                                      |                   |
| ширина                                                                  | 48                |
| глубина                                                                 | 54                |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 64                |

### 6.3. Котел Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1)

Котел Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1) предназначен для работы на березовском и других бурых углях Сибири с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара в районах с сейсмичностью до 8 баллов.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный с естественной циркуляцией, однокорпусный, рассчитанный на высокие параметры пара, в газоплотном исполнении, П-образной закрытой компоновки с уравновешенной тягой (рис. 93, 94).

Топочная камера открытого типа призматической формы экранирована цельносварными панелями из труб Ø 60х6 мм (сталь 20) с полосой размером 6х20 мм (сталь 20); шаг труб 80 мм.

В нижней части фронтальной и задней экраны образуют скаты холодной воронки. В верхней части трубы фронтальной стены круто отклонены и образуют слабонаклонный потолок над топкой.

Трубы заднего экрана на уровне нижней отметки выходного окна топки разветвляются. Одна трубка из каждой пяти продолжается в плоскости экрана и служит подвеской последнего, остальные выводятся из плоскости экрана и с шагом 100 мм образуют цельносварной под, гладкотрубные фестон и потолок горизонтального газохода.

Боковые стены горизонтального газохода, фронтальная, задняя стены и потолок верхней части отпусного газохода закрыты цельносварными пароперегревательными панелями из труб Ø 60х6 мм (сталь 20) с проставками размерами 6х40 мм (сталь 20). Шаг труб в панелях 100 мм. Боковые стены верхней части отпусного газохода экранированы гладкотрубными экономайзерными панелями из труб Ø 38х4 мм (сталь 20), которые обшиты снаружи металлическим листом.

Топочная камера с твердым шлакоудалением. Шлакоудаление механизированное, непрерывное с помощью шнековых транспортеров и дробилок.

Размеры топки в плане 10,26х11,26 м.

Топка оборудовала 12 прямооточными щелевыми пылеугольными горелками, расположенными в углах топки в три яруса.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

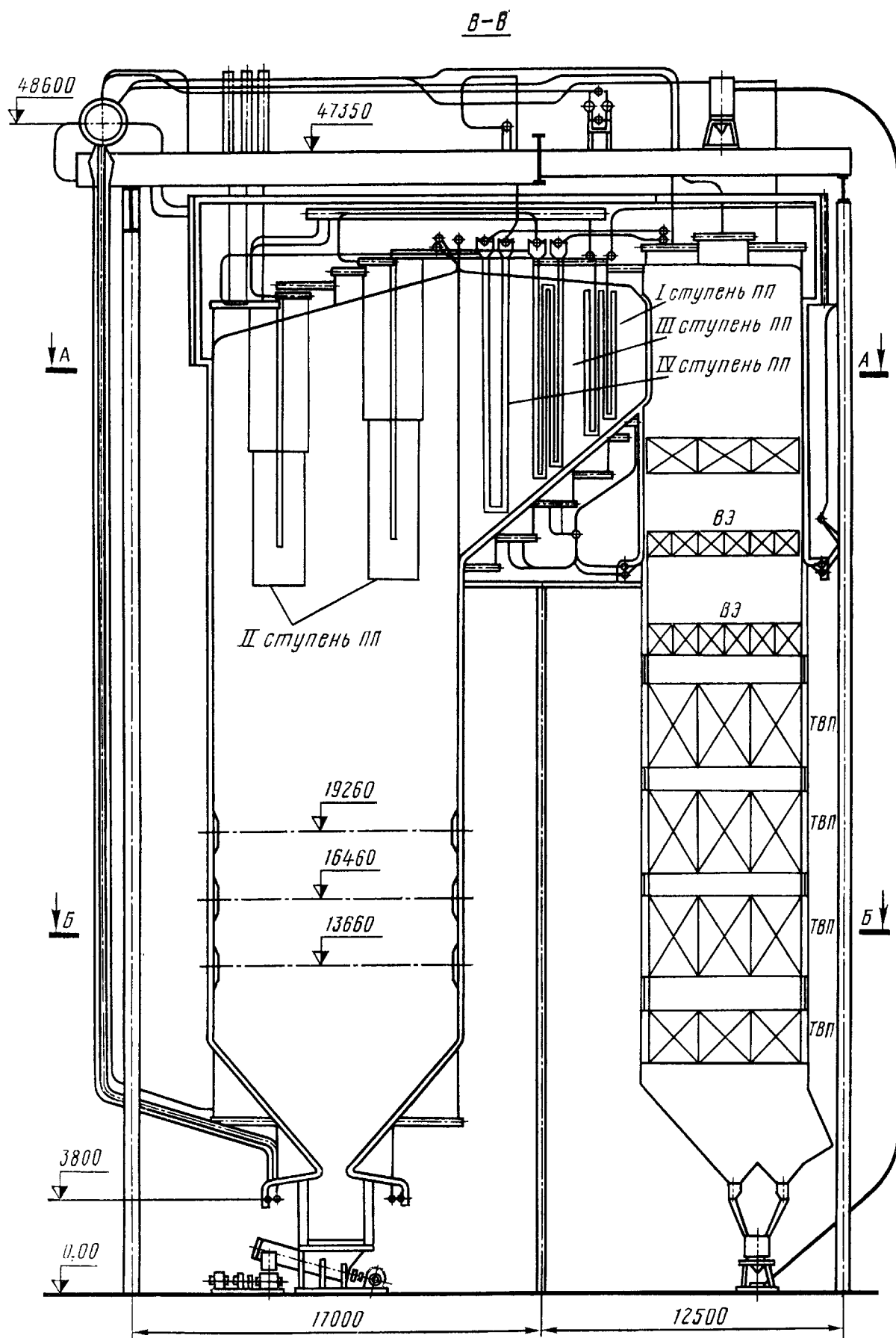


Рис. 93. Продольный разрез котла Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1)

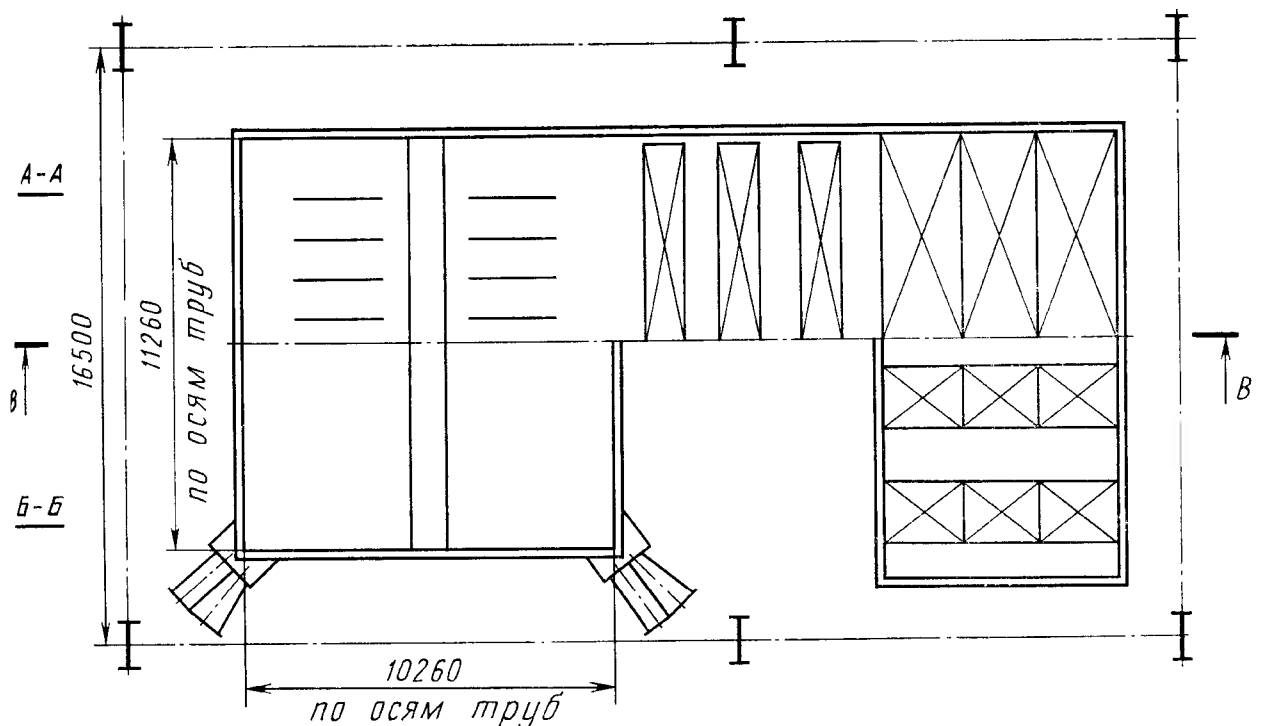


Рис. 94. Поперечный разрез котла Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1)

Топочные экраны секционированы на 16 независимых циркуляционных контуров.

Сепарационные устройства выполнены по двухступенчатой схеме испарения. Схема испарения предусматривает промывку пара питательной водой. Сепарационные устройства первой ступени испарения размещены в барабане котла и представляют собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. Вторая ступень испарения включена в две группы выносных сепарационных циклонов, имеющих наружный диаметр 426 мм.

Вода из барабана к испарительным экранам подается по 14 стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20).

Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам  $\varnothing 159 \times 15$  мм и  $\varnothing 133 \times 13$  мм (сталь 20).

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа размещен в топочной камере и горизонтальном газоходе. Ширмы и конвективная часть пароперегревателя размещены на выходе из топки и в поворотном газоходе и выполнены из труб  $\varnothing 32$  и  $38$  мм с толщиной стенок 4, 5, 6 мм (сталь 20, 12Х1МФ).

Выходная часть конвективного пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 38 \times 5$  мм (сталь 12Х18Н12Т).

В конвективной шахте по ходу газов установлены три секции водяного экономайзера и трубчатый воздухоподогреватель, скомпонованные последовательно.

Змеевики экономайзера расположены параллельно фронту котла и выполнены из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20).

Трубчатый воздухоподогреватель состоит из четырех секций и выполнен из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (сталь Вст. 2сп).

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегрева пара регулируется двухступенчатым впрыском собственного конденсата.

Для защиты пароперегревателя от пережога при растопках применяется впрыск питательной воды в растопочном пароохладителе.

Топочная камера и пароперегреватель подвешены к каркасу котла.

Два верхних пакета экономайзера, расположенные в экранированной части опускного газохода, с помощью балок опираются на трубчатые экраны пароперегревателя.

Нижний пакет экономайзера и воздухоподогреватель установлены друг на друге и опираются на каркас котла.

Обмуровка цельносварных и гладкотрубных экранов котла производится рулонными волокнистыми материалами из супертонкого штапельного волокна горных пород (так называемый БСТВ). Огнеупорные материалы применены только в амбразурах горелок и гарнитурах, а также для шлаковых бункеров, размещенных под топкой.

Для очистки экранов топочной камеры применены аппараты водяной очистки. Отложения на поверхностях нагрева пароперегревателя удаляются с помощью глубоковываживных аппаратов обдувки. Низкотемпературные поверхности нагрева в конвективной шахте очищаются чугунной дробью устройствами дробеочистки.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода, снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды и контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы.

Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                         |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 500                     |
| Вид топлива                                                              | Березовский бурый уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8(140)               |
| Температура, °С:                                                         |                         |
| перегретого пара на выходе                                               | 560                     |
| питательной воды                                                         | 230                     |
| уходящих газов                                                           | 171                     |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |                         |
| расчетный                                                                | 91,34                   |
| гарантийный                                                              | 90,0                    |
| Расход топлива, т/ч:                                                     |                         |
| натурального                                                             | 86,2                    |
| условного                                                                | 46,0                    |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                         |
| газовой                                                                  | 2,51                    |
| воздушной                                                                | 204                     |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 300                     |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                  |                         |
| воздуха:                                                                 |                         |
| на входе                                                                 | 50                      |
| на выходе                                                                | 273                     |
| газов:                                                                   |                         |
| на входе                                                                 | 287                     |
| на выходе                                                                | 167                     |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | $2,77 \cdot 10^6$       |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)               | $85,9 \cdot 10^3$       |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                    | $3,77 \cdot 10^3$       |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                        |                         |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| ширина                  | 36   |
| глубина                 | 45   |
| Высшая отметка котла, м | 51,0 |

#### 6.4. Котел Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140НГМ-4)

Котел Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140 НГМ-4) предназначен для работы на природном газе и мазуте с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Котел вертикально-водотрубный, однотрубный с естественной циркуляцией, однокорпусный, сомкнутой П-образной компоновки, в газоплотном исполнении закрытой компоновки, рассчитанный на высокие параметры пара, предназначен для работы под наддувом (рис. 95, 96).

Топочная камера призматической формы открытого типа, с размерами в плане по осям труб 5,93х13,18 м, имеет объем 1427 м<sup>3</sup>.

Топочная камера и конвективная шахта экранированы мембранными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм (сталь 20 и 15ХМ) с вваркой полосы (сталь 20) и шагом труб 80 мм.

Под топки образован фронтным и задним экранами, имеет наклон 15° к горизонтали.

Фронтный экран сверху образует наклонный потолок топки; задний экран переходит в трехрядный фестон.

Блоки топочной камеры и конвективного газохода подвешены на тягах к потолочно-му перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз. Жесткость и прочность стен топочной камеры обеспечиваются поясами жесткости.

Топка оборудована восемью комбинированными газомазутными горелками, расположенными в два яруса (по четыре в каждом ярусе).

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

Вода из барабана к испарительным экранам подается по стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20). Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. Вторая ступень испарения включена в выносные сепарационные циклоны, имеющие наружный диаметр 426 мм.

Экраны топочной камеры разделены на 15 самостоятельных контуров циркуляции.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа: радиационная часть выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ) и расположена в верхней части топочной камеры.

Конвективная часть пароперегревателя состоит из змеевиковых поверхностей, расположенных в опускном газоходе конвективной шахты, выполненных из труб диаметром 32х4 и 38х5 мм и Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ), (сталь 20, 12Х1МФ).

Выходные ступени конвективного пароперегревателя третья и четвертая ступени выполнены из труб Ø 32х4,5 мм (сталь 12Х18Н12Т).

Радиационно-конвективной частью пароперегревателя являются ограждающие поверхности потолка, боковых и задней стен конвективного газохода, выполненные из труб диаметром 60 мм с толщиной стенки 6 мм (сталь 20).

За пароперегревателем четвертой ступени в конвективном газоходе (по ходу газов) расположены блоки первой ступени пароперегревателя из труб Ø 32х4 мм (сталь 20 и 12Х1МФ). Ниже первой ступени пароперегревателя расположены две секции водяного

экономайзера кипящего типа, гладкотрубный, змеевиковый, выполненный из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20). Коллекторы экономайзера размещены в газоходе.

Для подогрева воздуха котел оборудован двумя вращающимися регенеративными воздухоподогревателями с диаметром ротора 5,4 м.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется впрыском собственного конденсата и рециркуляцией дымовых газов в воздушный тракт горелок.

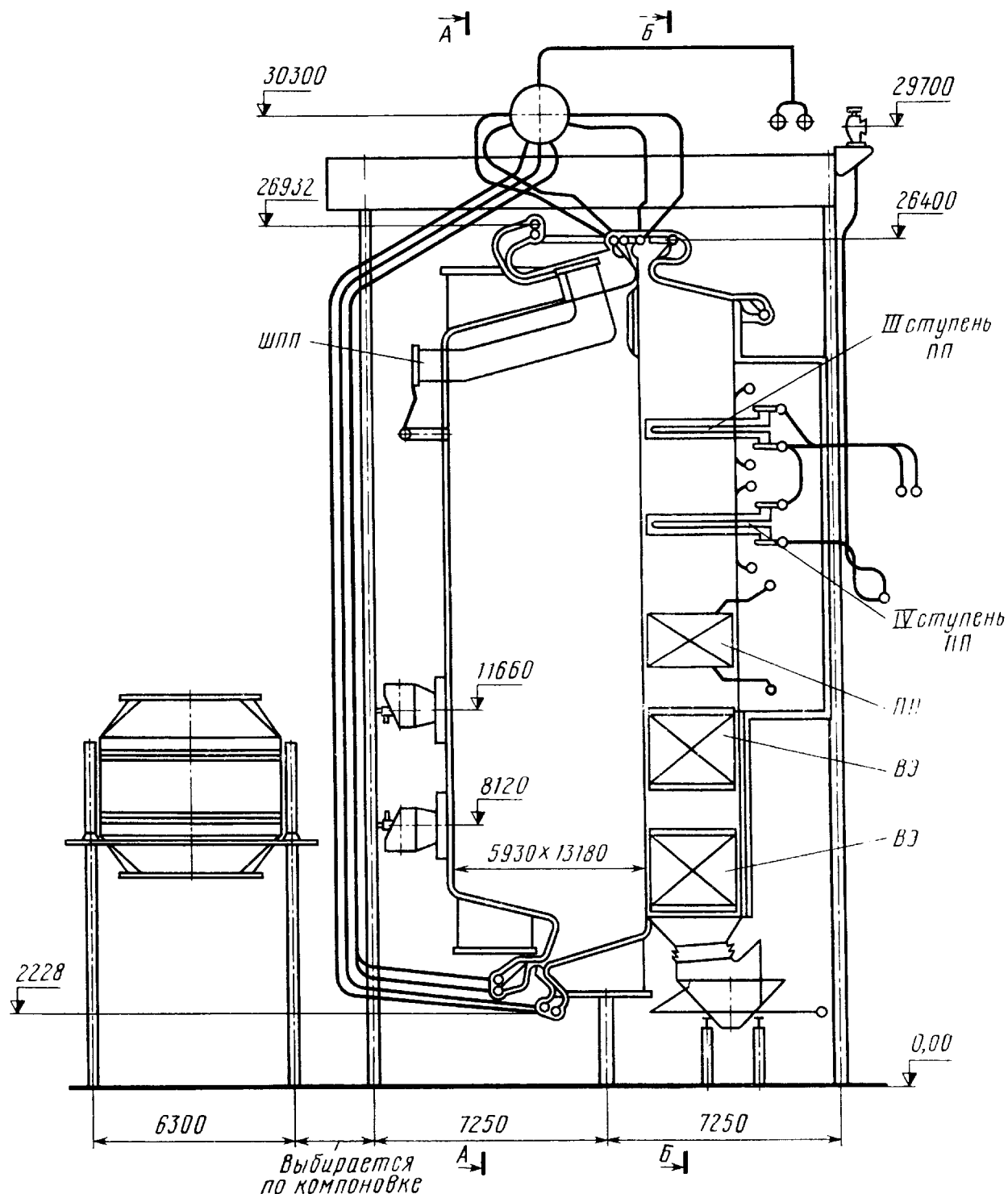


Рис. 95. Продольный разрез котла Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140 НГМ-4)

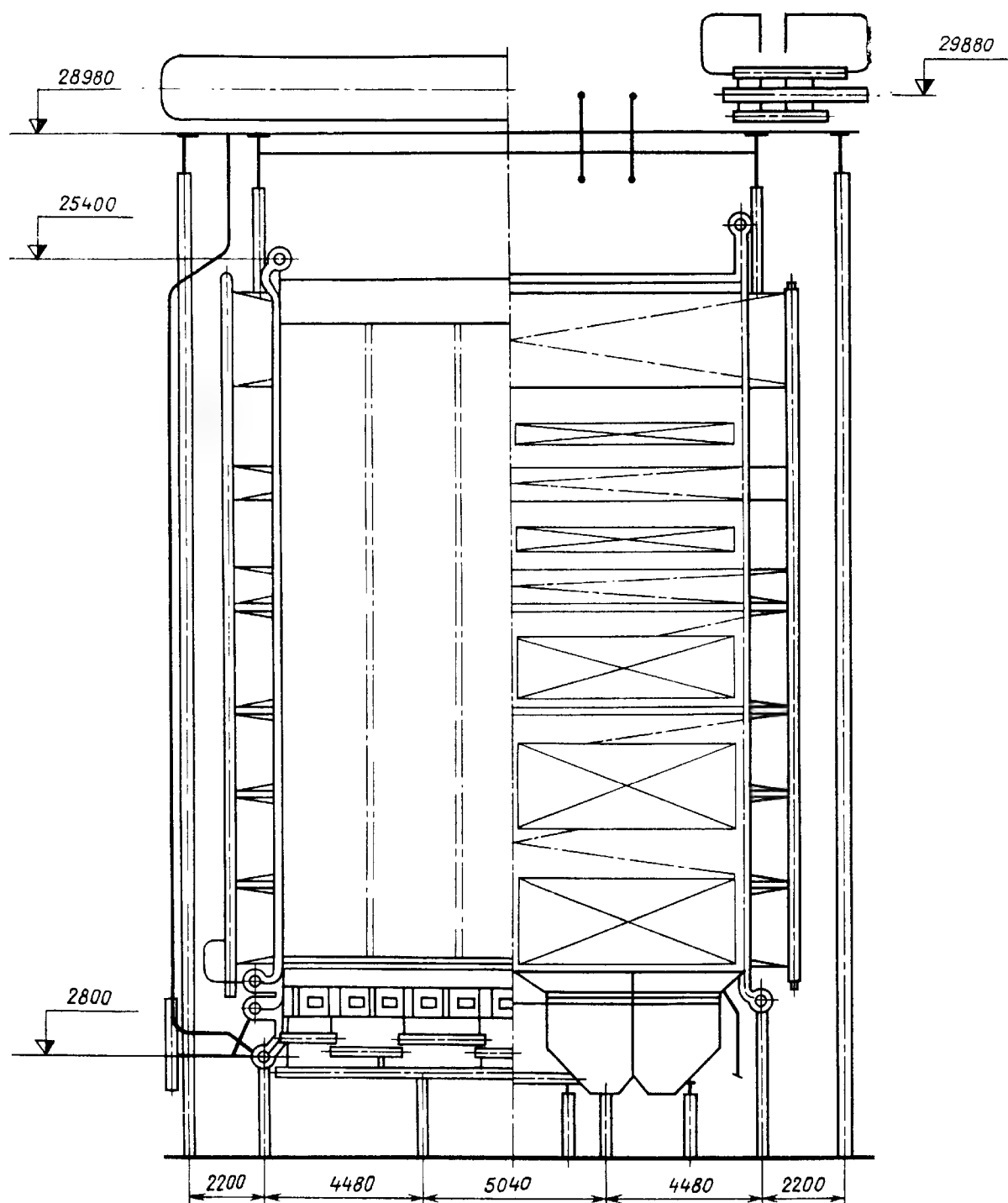


Рис. 96. Поперечный разрез котла Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140 НГМ-4)

На впрыск поступает конденсат, полученный в специальной установке, расположенной в пределах котла.

Благодаря тому, что все наружные поверхности котла полностью экранированы мембранными панелями, отпадает необходимость в обмуровке поверхностей (они только изолируются).

Изоляция котла выполняется из волокнистых рулонных материалов или вулканированных плит.

Огнеупорные материалы применены только в амбразурах и гарнитуре.



Каркас котла представляет собой пространственную рамную конструкцию, состоящую из колонн, балок и верхнего потолочного перекрытия, опирающегося на колонны.

Узлы котельного агрегата выполнены в виде законченных транспортабельных блоков.

В блоки поверхностей нагрева включены уплотнения мест прохода змеевиков через газоплотные стены. Блоки газоплотных стен снабжены необходимыми стяжками для сборки и сварки продольных и поперечных стыков.

Места прохода змеевиков ширм пароперегревателей через цельносварные ограждения котла закрыты специальными уплотнениями.

«Теплый ящик», в который включены коллекторы и перепускные трубы пароперегревателя, расположенные на задней стене газохода, выполняет только функции групповой изоляции. Плотность котла обеспечивается конструкцией внешних ограждений топок и газохода.

Котел спроектирован с учетом ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                             |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 420                         |
| Вид топлива                                                              | Газ, мазут                  |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)                  |
| Температура, °С:                                                         |                             |
| перегретого пара                                                         | 560                         |
| питательной воды                                                         | 230                         |
| уходящих газов                                                           | 109/147*                    |
| КПД (брутто), при номинальной нагрузке, %:                               |                             |
| расчетный                                                                | 94,8/93,4*                  |
| гарантийный                                                              | 94/93                       |
| Расход топлива, т/ч:                                                     |                             |
| натурального (для газа—м <sup>3</sup> /ч)                                | 30,2·10 <sup>3</sup> /28,5* |
| условного                                                                | 38,2                        |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                             |
| газовой                                                                  | 318,6                       |
| воздушной                                                                | 76,4                        |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 250                         |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                  |                             |
| воздуха:                                                                 |                             |
| на входе                                                                 | 30/70*                      |
| на выходе                                                                | 235/272*                    |
| газов:                                                                   |                             |
| на входе                                                                 | 293/336*                    |
| на выходе                                                                | 109/147*                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | 1,66·10 <sup>6</sup>        |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)               | 183·10 <sup>3</sup>         |
| Объем топки, м <sup>3</sup>                                              | 1427                        |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                        |                             |

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| ширина                             | 24   |
| глубина                            | 36   |
| Высота до верха хребтовой балки, м | 32,4 |

\* В числителе данные при сжигании газа, в знаменателе – мазута

### 6.5. Котел Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140 ПТ-2)

Котел Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140 ПТ-2) (рис. 97, 98) предназначен для работы на иршабородинском и назаровских бурых углях Канско-Ачинского бассейна, для выработки перегретого пара на тепловых электростанциях с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Котел вертикально-водотрубный, однобарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусный, рассчитанный на высокие параметры пара, в газоплотном исполнении, П-образной закрытой компоновки.

Топочная камера с жидким шлакоудалением. Шлакоудаление непрерывное, механизированное, со шнеком и дробилкой.

Топочная камера полукрытая. В нижней части топки трубы фронтального и заднего экранов образуют пережим, разделяющий утепленную камеру горения и камеру охлаждения. Камера горения выполнена в виде двух восьмигранных предтопок, соединенных переходным коридором.

Трубы заднего экрана внизу топки образуют слабонаклонный под с двумя летками для выхода шлака. Стены предтопок ошпированы и утеплены.

Камера охлаждения призматическая.

Топочная камера образована цельносварными мембранными газоплотными панелями из труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм с вваренной полосой (сталь 20). Шаг труб в панелях составляет 80 мм. Угловые грани предтопок экранированы трубами  $\varnothing 76 \times 7$  мм с шагом 113 мм (сталь 20). Размеры камеры охлаждения по осям труб  $6,58 \times 14,45$  м.

Потолок топки закрывается панелями фронтального экрана.

Топочная камера оборудована восемью щелевыми пылеугольными прямоточными горелками, установленными на угловых гранях предтопок (по четыре горелки на каждом предтопке). Оси горелок каждого предтопка направлены по касательной к воображаемой окружности диаметром 1000 мм. Восемь сбросных горелок расположены выше основных.

Барабан котла сварной конструкции имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

Вода из барабана к испарительным экранам подается по 16 стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки – 20 мм (сталь 20). Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам  $\varnothing 159 \times 15$  мм (сталь 20).

Схема испарения – двухступенчатая, с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. Вторая ступень испарения включена в выносные сепарационные циклоны, имеющие наружный диаметр 426 мм.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа состоит из ширм, размещенных в верхней части топки и выполненных из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ), а также из газоплотных цельносварных панелей из труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм (сталь 20), расположенных на боковых экранах горизонтального газохода.

Боковые стены горизонтального газохода, а также потолок, передняя и задняя стены опускного газохода выполнены из труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм, с шагом 100 мм с вваркой полосы (сталь 20).

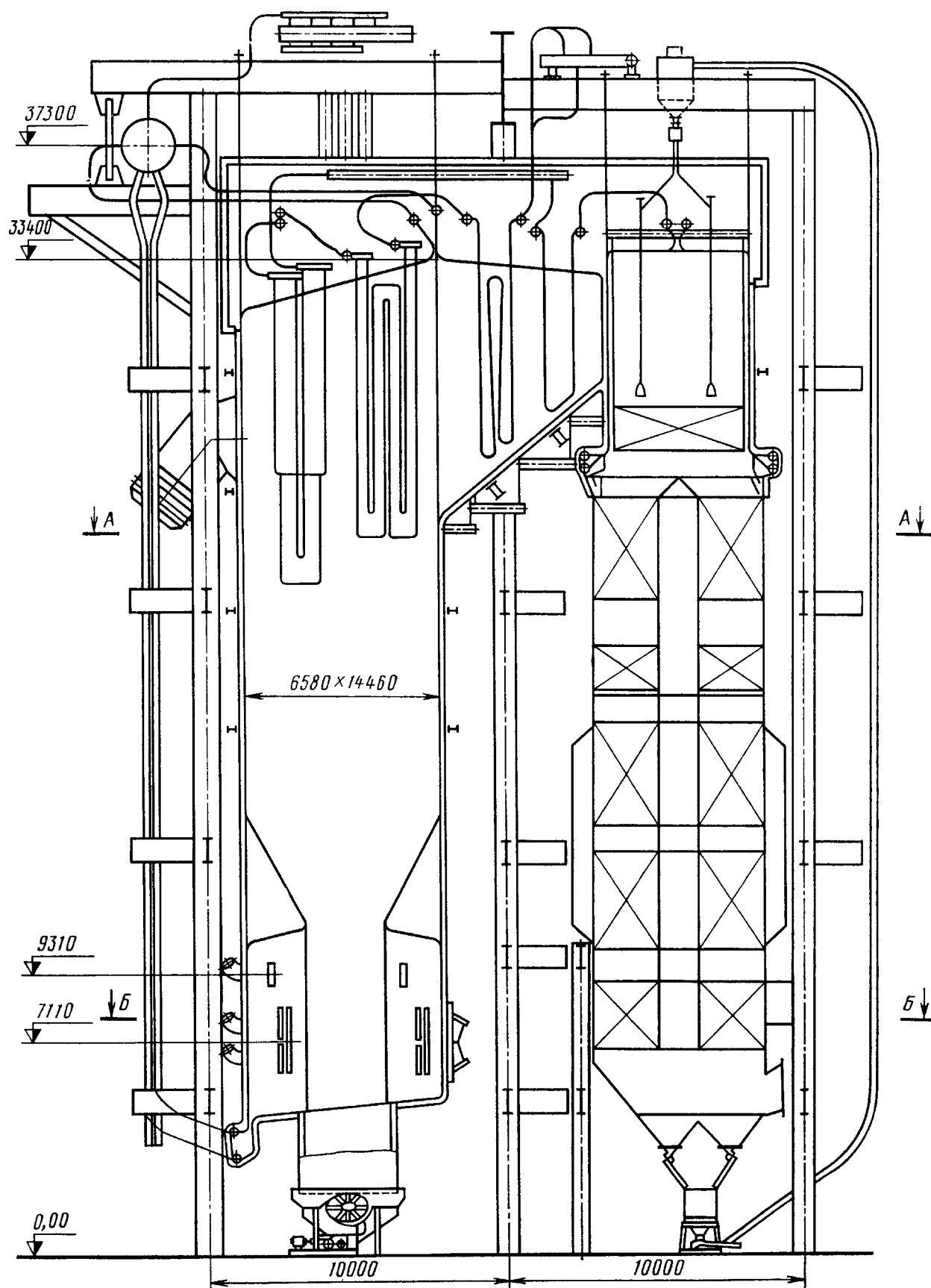


Рис. 97. Продольный разрез котла Е-420-140-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140 ПТ-2)

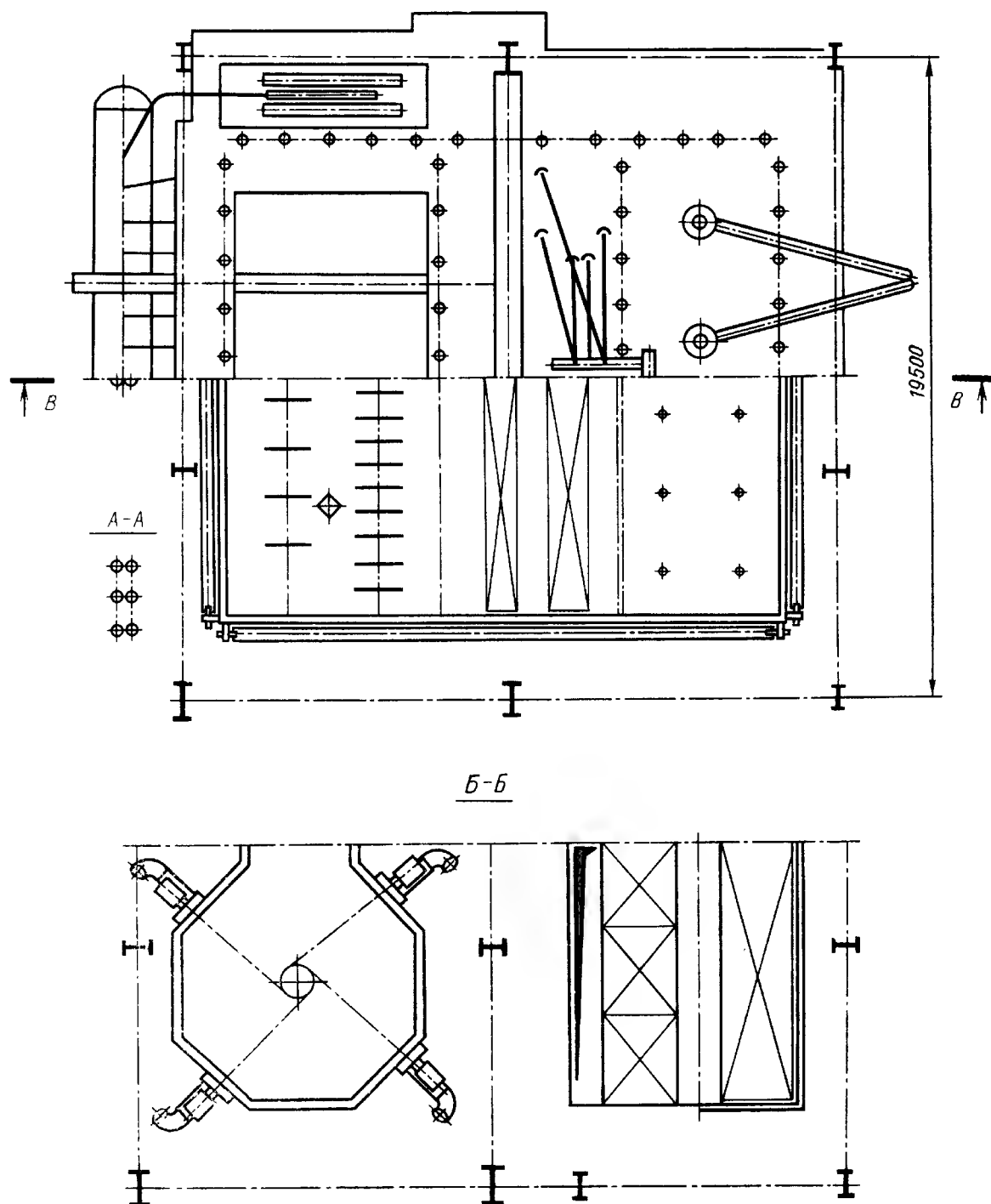


Рис. 98. План и горизонтальные разрезы котла Е-420-140-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140 ПТ-2)

Конвективный пароперегреватель состоит из двух частей, расположенных в горизонтальном газоходе. Обе части выполнены на труб  $\varnothing 38 \times 4$  мм,  $\varnothing 38 \times 6$  мм и  $\varnothing 38 \times 5$  мм (сталь 20, 12Х1МФ, 12Х18Н12Т).

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегретого пара регулируется впрыском собственного конденсата в парохладитель.

В опускном газоходе размещены «в рассечку» гладкотрубный водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель.

Экономайзер выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20); воздухоподогреватель – из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (Ст. 3).

Топочная камера и пароперегреватель подвешены к собственному каркасу. Конвективная шахта установлена на портале.

Котел имеет «теплый ящик» т. е. тепловую камеру для совместной изоляции перепускных труб и камер, расположенных в верхней части котла, и обеспечения газоплотности котла.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию из вулканитовых плит или асбестовой напыленной массы. Огнеупорные материалы применены только на амбразурах горелок и гарнитуре.

Узлы котельного агрегата выполнены в виде законченных транспортабельных блоков.

Для очистки поверхностей нагрева предусмотрены виброочистка для ширм; обдувочные устройства – для стен топки и конвективных пакетов пароперегревателя; дробеоочистка – для водяного экономайзера и воздухоподогревателя.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газохода.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

#### Технические характеристики

|                                                                          |                              |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 420                          |
| Вид топлива                                                              | Ирша-Бородинский бурый уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)                   |
| Температура, °С:                                                         |                              |
| перегретого пара                                                         | 560                          |
| питательной воды                                                         | 210                          |
| уходящих газов                                                           | 147                          |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |                              |
| расчетный                                                                | 92,09                        |
| гарантийный                                                              | 91,0                         |
| Расход топлива, т/ч:                                                     |                              |
| натурального                                                             | 73,6                         |
| условного                                                                | 39,3                         |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                              |
| газовой                                                                  | 117,4                        |
| воздушной                                                                | 75                           |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 250                          |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                  |                              |
| воздуха:                                                                 |                              |
| на входе                                                                 | 60                           |
| на выходе                                                                | 348                          |
| газов:                                                                   |                              |
| на входе                                                                 | 430                          |
| на выходе                                                                | 147                          |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | $2,89 \cdot 10^6$            |

|                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч) | 114,5·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                      | 2,4·10 <sup>3</sup>   |
| Размеры котла по осям колонн, м:                           |                       |
| ширина                                                     | 30                    |
| глубина                                                    | 36                    |
| Высота до верха хребтовой балки, м                         | 42                    |

### 6.6. Котел Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)

Котел Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5) предназначен для работы на экибастузском каменном угле для выработки перегретого пара на тепловых электростанциях с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Котел вертикально-водотрубный, однокорпусный, рассчитанный на высокие параметры пара в газоплотном исполнении, Т-образной сомкнутой закрытой компоновки (рис. 99, 100).

Топочная камера с твердым шлакоудалением. Шлакоудаление механизированное, непрерывное, с помощью шнековых транспортеров и дробилок.

Топочная камера призматическая, открытого типа, с размерами в плане по осям труб 15,42х8,98 м. Топка экранирована цельносварными газоплотными испарительными стенками, выполненными из труб Ø 60х6 мм (сталь 20) с вваркой полосы. Шаг труб в панелях равен 80 мм.

Боковые экраны топочной камеры в нижней части образуют скаты холодной воронки, а в верхней части – пережим и выполняют роль разделительных стенок трех газоходов.

Топка оборудована восемью двухпоточными по аэросмеси и вторичному воздуху вихревыми пылеугольными горелками со встроенными мазутными форсунками, расположенными на боковых стенах (по четыре на каждой) встречно на одной высотной отметке. Двухпоточная горелка позволяет эксплуатировать котел при отключении одной или двух мельниц со всеми работающими горелками, что повышает надежность работы горелок и экономичность котла в таких режимах.

Барабан котла сварной конструкции имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения двухступенчатая, с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

Вторая ступень испарения включена в две группы выносных сепарационных циклонов, имеющих наружный диаметр 426 мм. Вода из барабана к испарительным экранам подается по 16 стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20). Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа размещен в верхней части топочной камеры и в двух симметрично расположенных опускных газоходах. Два опускных газохода примыкают к боковым стенкам топочной камеры в верхней части.

Потолок топочной камеры и опускных газоходов, а также фронтные и задние стенки опускных газоходов экранированы цельносварными газоплотными пароперегревательными панелями из труб Ø 42х5 мм (сталь 20), с вваркой полосы толщиной 6 мм. Панели охлаждаются насыщенным паром. В среднем подъемном газоходе размещены ширмовые поверхности пароперегревателя, выполненные из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ). В двух крайних опускных газоходах симметрично размещены поверхности конвективного пароперегревателя из труб Ø 32х4 мм, Ø 32х5 мм и Ø 32х4,5 мм (сталь 20, 12Х1МФ, 12Х18Н12Т).

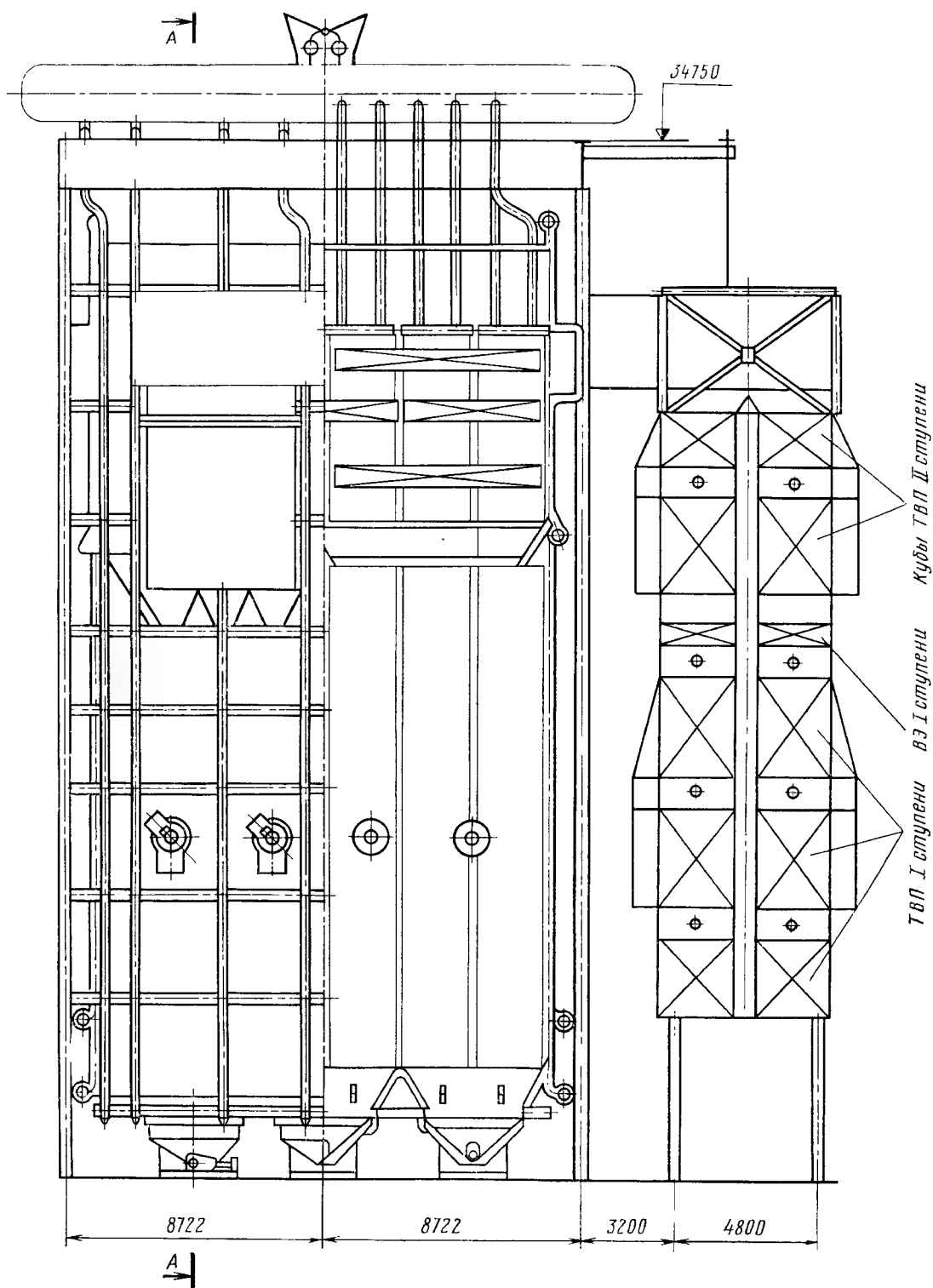


Рис. 99. Продольный разрез котла Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)

Все мембранные цельносварные панели топочных экранов, потолка и опускных конвективных газоходов жестко сварены между собой в единую газоплотную коробку. Надежность работы указанных соединений достигается благодаря циркуляции во всех панелях рабочей среды с приблизительно одинаковой температурой.

Блоки конвективного пароперегревателя крепятся на подвесных трубах.

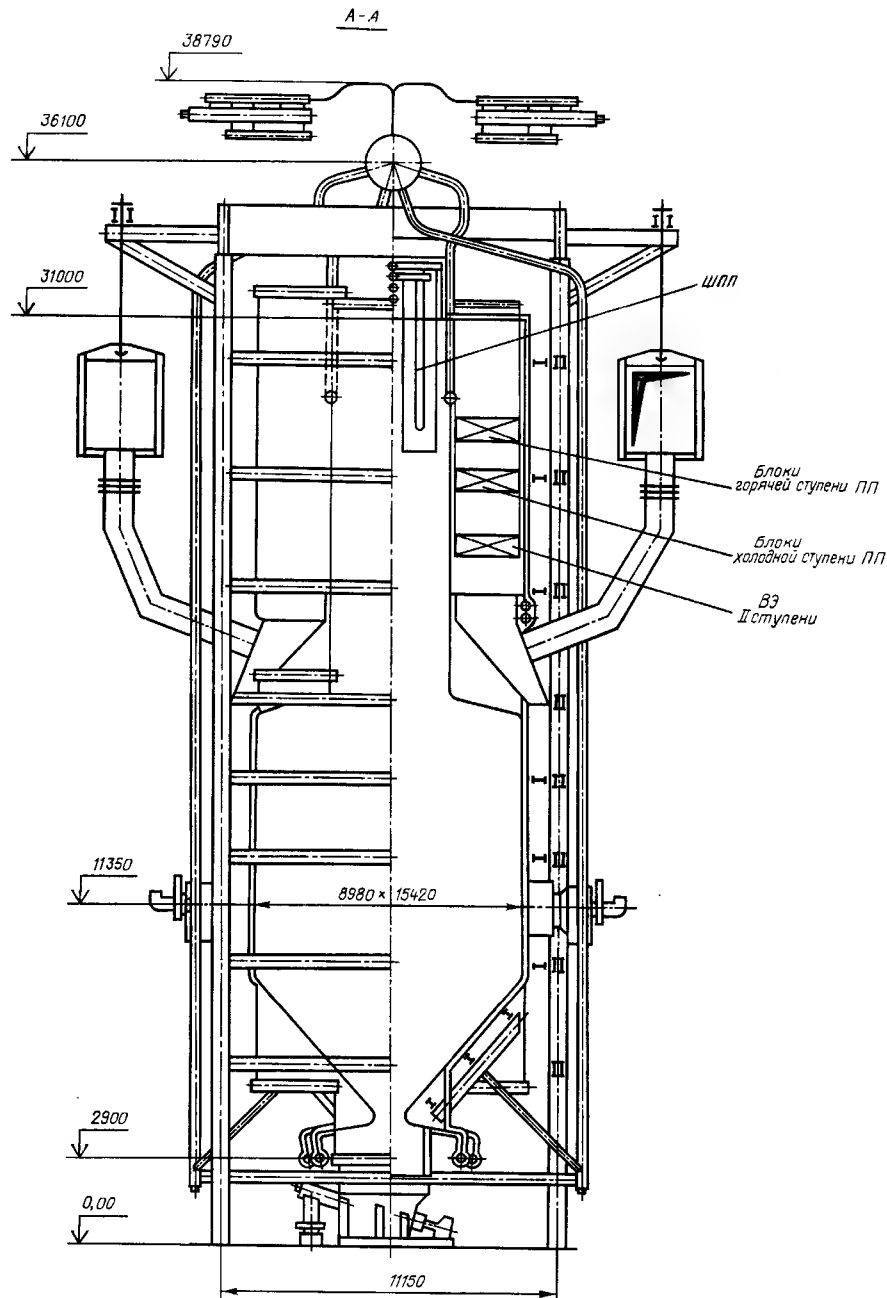


Рис. 100. Поперечный разрез котла Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегретого пара регулируется двумя впрысками собственного конденсата: в рассечке ширм и перед выходной ступенью пароперегревателя.

Для защиты пароперегревателя от пережога при растопках применяется впрыск питательной воды в растопочном пароохладителе.

За конвективным пароперегревателем по ходу газов в каждом конвективном газоходе расположена вторая ступень водяного экономайзера.

Первая ступень водяного экономайзера и трубчатый воздухоподогреватель вынесены в отдельную конвективную шахту. Экономайзер выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20).

Кубы воздухоподогревателя изготовлены из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (Ст. 3). Блоки первой ступени водяного экономайзера, расположенного между кубами воздухоподогревателя,



установлены друг на друге и сварены между собой плотным швом, что снижает до минимума присосы холодного воздуха.

Топочная камера котла и пароперегреватель подвешены к собственному каркасу. Конвективная шахта установлена на собственном портале.

Котел оборудован тепловой камерой («теплым ящиком») для совместной изоляции перепускных труб и камер котла.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию, из вулканитовых плит или асбоперлитовой напыляемой массы. Огнеупорные материалы применены только на амбразурах горелок гарнiture.

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрены обдувочные аппараты, а для очистки поверхностей нагрева вынесенной конвективной шахты – дробеочистительная установка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды и контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегрева пара и горения автоматизированы.

Предусмотрены средства тепловой защиты технологических процессов.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 420                                |
| Вид топлива                                                              | Экибастузский<br>каменный<br>уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)                         |
| Температура, °С:                                                         |                                    |
| перегретого пара                                                         | 560                                |
| питательной воды                                                         | 230                                |
| уходящих газов                                                           | 132                                |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |                                    |
| расчетный                                                                | 92,2                               |
| гарантийный                                                              | 91                                 |
| Расход топлива, т/ч:                                                     |                                    |
| натурального                                                             | 71,3                               |
| условного                                                                | 38,6                               |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                                    |
| газовой                                                                  | 170,4                              |
| воздушной                                                                | 83,5                               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 246                                |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                  |                                    |
| воздуха:                                                                 |                                    |
| на входе                                                                 | 30                                 |
| на выходе                                                                | 418                                |
| газов:                                                                   |                                    |
| на входе                                                                 | 465                                |
| на выходе                                                                | 132                                |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | $2,9 \cdot 10^6$                   |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)               | $133 \cdot 10^3$                   |

|                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup> | 2·10 <sup>3</sup> |
| Размеры котла по осям колонн, м:      |                   |
| ширина                                | 39                |
| глубина                               | 24                |
| Высота до верха хребтовой балки, м    | 38,9              |

### 6.7. Котел Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)

Котел Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7) предназначен для работы на райчихинском буром угле для выработки перегретого пара на тепловых электростанциях с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусный, рассчитан на высокие параметры пара.

Котел в газоплотном исполнении имеет П-образную закрытую компоновку и уравновешенную тягу (рис. 101, 102).

В топочной камере предусмотрено твердое шлакоудаление. Шлакоудаление механизированное, непрерывное с помощью шнековых транспортеров и дробилок.

Топочная камера – призматическая, открытого типа, с размерами в плане по осям труб 7,7х14,46 м. Топка экранирована цельносварными газоплотными испарительными стенками, выполненными из труб Ø 60х6 мм с вваренной полосой размером 20х6 мм (сталь 20). Шаг труб в панелях равен 80 мм.

В нижней части топки трубами фронтального и заднего экранов образована «холодная воронка».

В верхней части топки трубы заднего экрана образуют аэродинамический выступ.

Потолок топки закрывается панелями фронтального экрана.

Топка оборудована шестью вихревыми горелками, расположенными в два яруса на фронтальной стене.

Барабан котла сварной, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

Вторая ступень испарения включена в испарительные выносные циклоны наружным диаметром 426 мм.

Вода из барабана к испарительным экранам подводится по стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20) и отпусковым трубам диаметром 159 мм с толщиной стенки 14 мм. Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится по трубам Ø 159х15 мм (сталь 20).

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа. Радиационная часть пароперегревателя состоит из ширм, размещенных в верхней части топочной камеры, выполненных из труб Ø 42х5 мм (сталь 12Х1МФ).

Конвективная часть в виде отдельных ступеней расположена в горизонтальном газоходе и выполнена из труб Ø 38х4 мм, Ø 38х4,5 мм, Ø 38х5 мм и Ø 38х6 мм (сталь 20, 12Х1МФ, 12Х18Н12Т).

Боковые стены горизонтального газохода, а также газоплотная часть опускного газохода (потолок, задняя и передняя стены) экранированы горизонтальными цельносварными панелями пароперегревателя из труб Ø 60х6 мм с шагом 100 мм.

Трубы передней стены опускного газохода в месте прохода газов образуют фестон.

Все мембранные цельносварные панели топочных экранов жестко сварены между собой в единую газоплотную коробку.

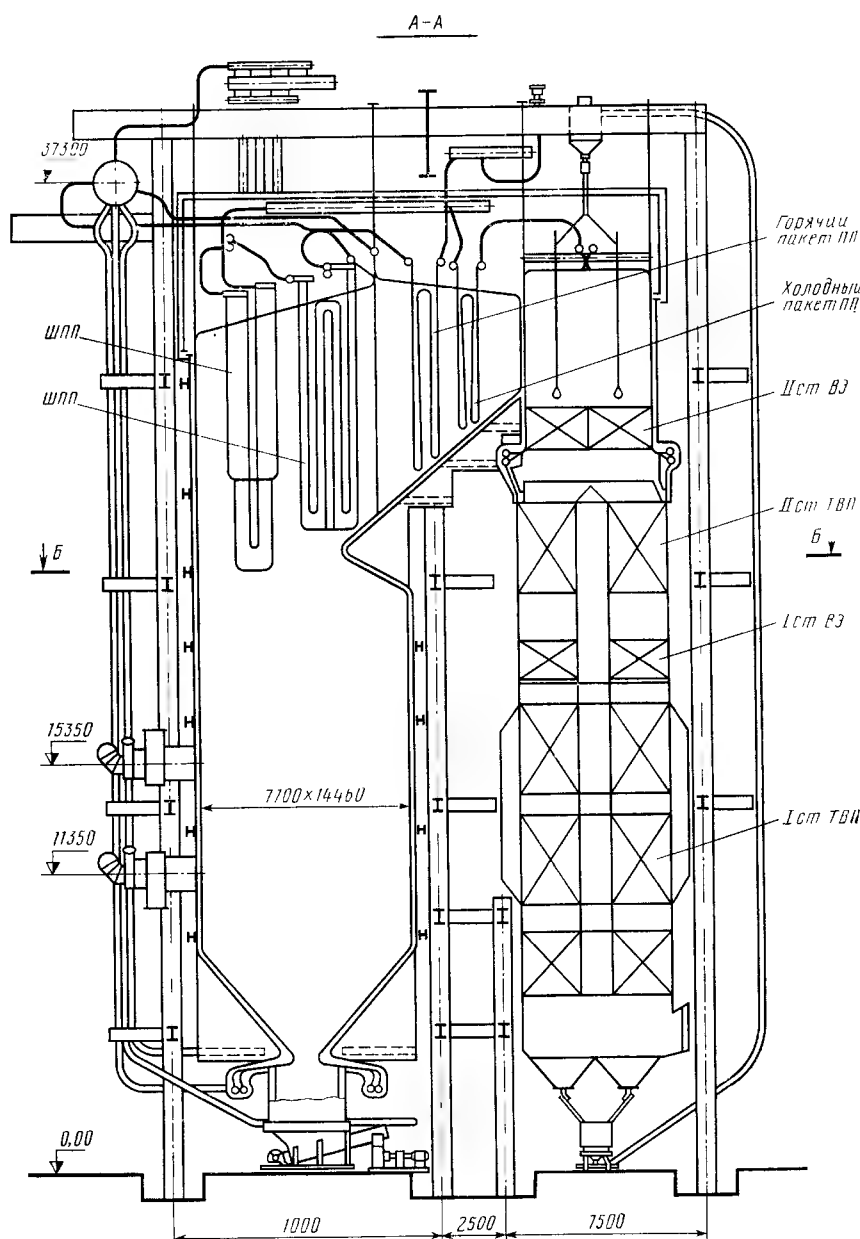


Рис. 101. Продольный разрез котла Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)

Надежность работы всех соединений достигается благодаря циркуляции во всех панелях рабочей среды с приблизительно одинаковой температурой.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков. Температура перегретого пара регулируется двумя впрысками собственного конденсата в парохладитель.

В конвективном газоходе за пароперегревателем размещены водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель, скомпонованные «в рассечку».

Экономайзер состоит из двух ступеней, выполненных из гладких труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20).

Кубы воздухоподогревателя выполнены из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (Ст. 3).

Блоки водяного экономайзера и воздухоподогревателя установлены один на другой и сварены между собой плотным швом, чтобы исключить присосы холодного воздуха.

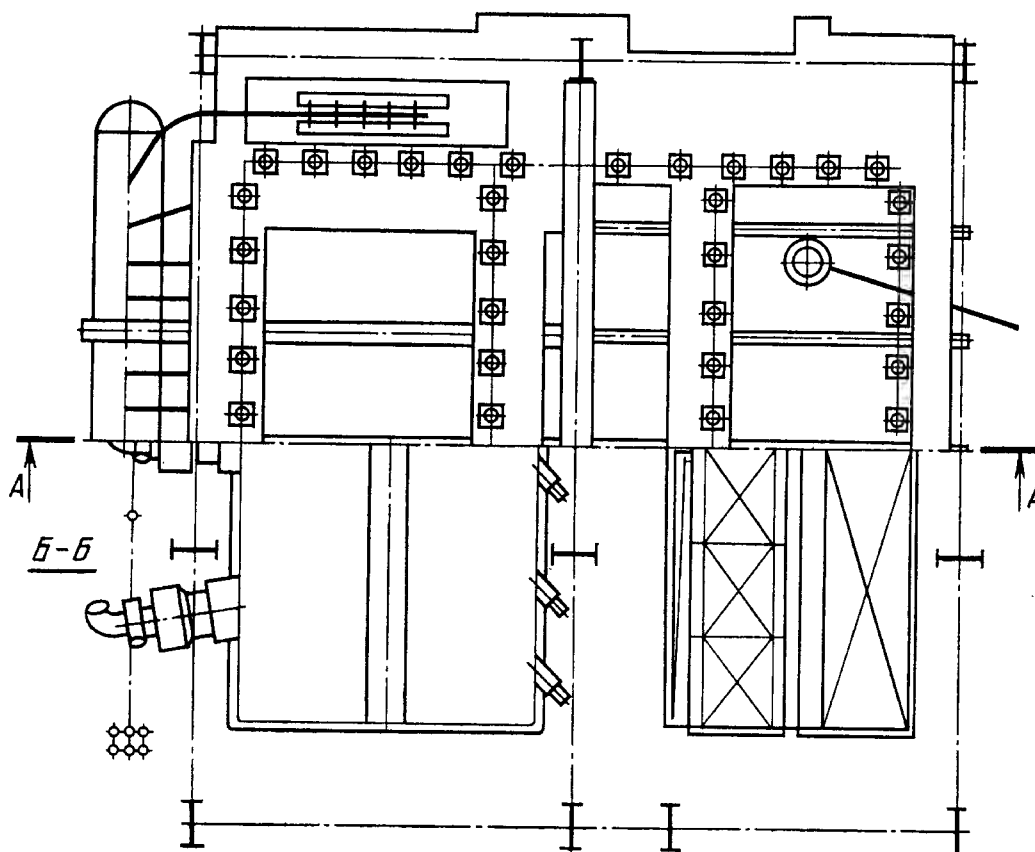


Рис. 102. Вид сверху и горизонтальные разрезы котла Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)

Топочная камера и пароперегреватель подвешены к собственному каркасу. Конвективная шахта установлена на портале.

Котел оборудован тепловой камерой для совместной изоляции перепускных труб и камер котла.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию из вулканитовых плит или асбестовой намыленной массы. Огнеупорные материалы применены только на амбразурах горелок и гарнитуре.

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрена виброочистка ширм; обдувочные устройства – для стен топки и конвективных пакетов пароперегревателя, дробеочистка – для водяного экономайзера и воздухоподогревателя.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла, снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                             |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 420                         |
| Вид топлива                                                              | Райчихинский<br>бурый уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)                  |

|                                                                         |                    |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| перегретого пара                                                        | 560                |
| питательной воды                                                        | 210                |
| уходящих газов                                                          | 143                |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                               |                    |
| расчетный                                                               | 92,0               |
| гарантийный                                                             | 91,0               |
| Расход топлива, т/ч:                                                    |                    |
| натурального                                                            | 90,5               |
| условного                                                               | 39,3               |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:          |                    |
| газовой                                                                 | 167                |
| воздушной                                                               | 85                 |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 250                |
| Температура в воздухоподогревателе, °С:                                 |                    |
| воздуха:                                                                |                    |
| на входе                                                                | 60                 |
| на выходе                                                               | 375                |
| газов:                                                                  |                    |
| на входе                                                                | 484                |
| на выходе                                                               | 143                |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | $2,47 \cdot 10^6$  |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | $103,5 \cdot 10^3$ |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | $2,66 \cdot 10^3$  |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                       |                    |
| ширина                                                                  | 36                 |
| глубина                                                                 | 30                 |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 42                 |

### 6.8. Котел Е-320-13,8-560 КТ/ДТ (БКЗ-320-140-6)

Котел Е-320-13,8-560 КТ (БКЗ-320-140-6) предназначен для работы на каменных углях типа Д шахты «Долинская» и других, а котел Е-320-13,8-560 ДТ предназначен для сжигания фрезерного торфа (основное топливо), природного газа и мазута (резервное топливо). Котлы работают с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Конструкция котлов – унифицированная для обеих модификаций.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусный рассчитанный на высокие параметры пара, в газоплотном исполнении, П-образной закрытой компоновки, с уравновешенной тягой (рис. 103, 104). Рассчитан на поставку в районы с повышенной сейсмичностью.

Топочная камера с твердым шлакоудалением. Шлакоудаление механизированное, непрерывное с помощью шнекового транспортера и дробилок. Топочная камера призматическая, открытого типа, с размерами в плане по осям труб составляет 12,06х7,7 м. Топка экранирована цельносварными, газоплотными испарительными стенками, выполненными из гладких труб Ø 60х6 мм с вваренной полосой размером 20х6 мм (ст. 20). Шаг между трубами 80 мм.

В нижней части топки фронтальной и задней экраны образуют скаты «холодной воронки». В верхней части заднего экрана имеется аэродинамический выступ.

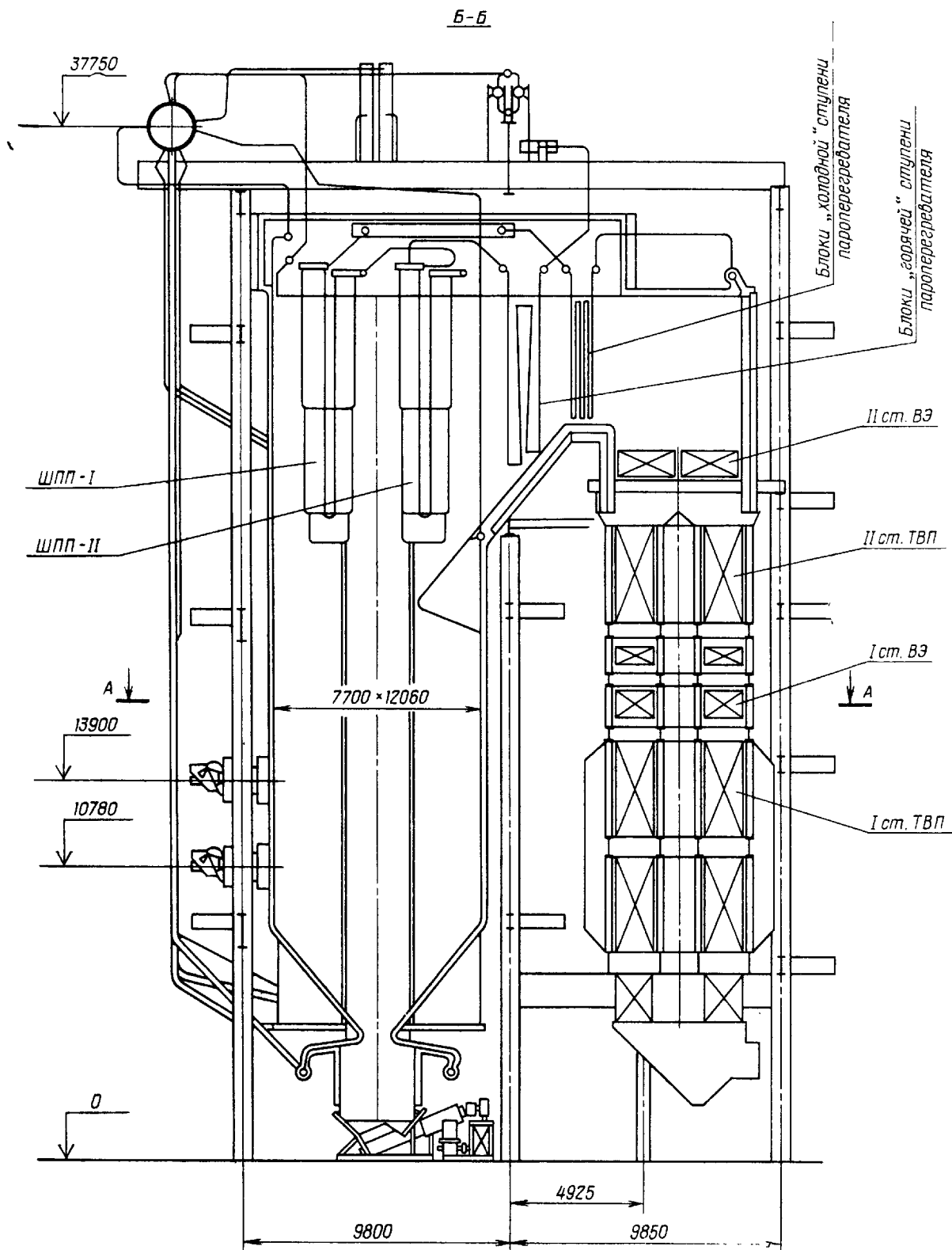


Рис. 103. Продольный разрез котла Е-320-13,8-560 (БКЗ-320-140-6)

Топочные экраны имеют 16 независимых циркуляционных контуров. Жесткость и прочность стен топки обеспечивается поясами жесткости.

Топочное устройство на каждой модели свое в зависимости от топлива.

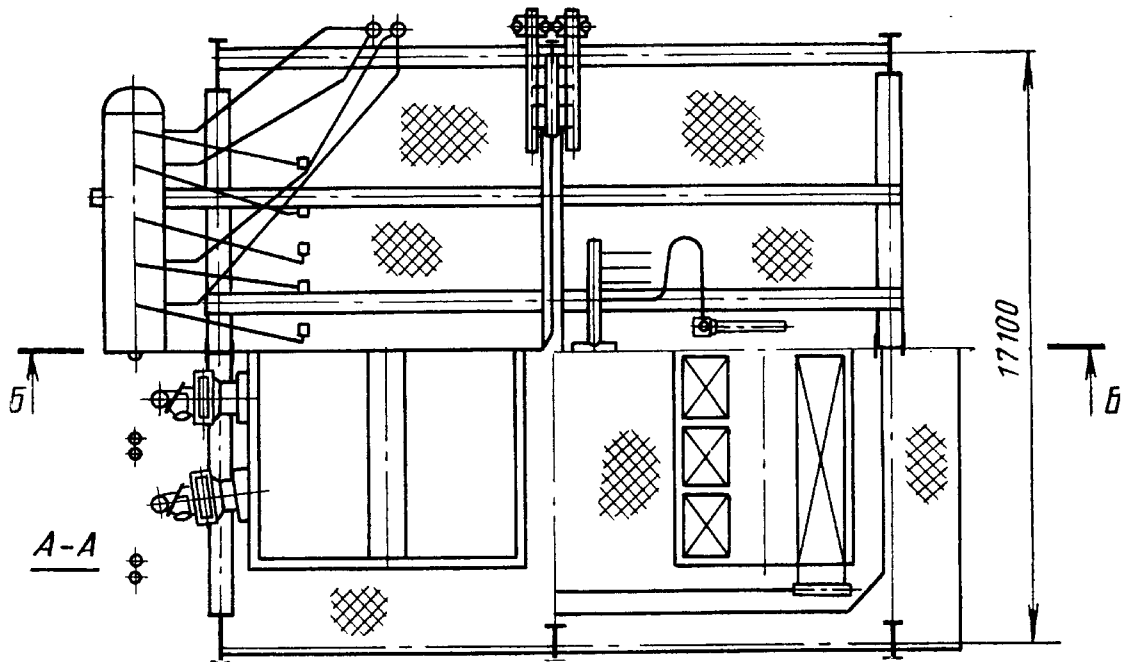


Рис. 104. Поперечный разрез котла Е-320-13,8-560 (БКЗ-320-140-6)

На котле Е-320-13,8-560 КТ горелочные устройства располагаются на фронтальной стене топки в два яруса. В каждом ярусе размещаются по четыре вихревые двухпоточные горелки.

На котле Е-320-13,8-560 ДТ четыре горелочных устройства типа «тонкие струи» со встроенными газовыми соплами располагаются на фронтальной стене топки в один ярус. На боковых стенах топки расположены в один ярус шесть растопочных газомазутных горелок (по три горелки на стену).

Барaban котла сварной конструкции с внутренним диаметром 1600 мм, с толщиной стенки 112 мм (сталь 16ГНМА).

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. В первую ступень включены 14 блоков топочной камеры. Вторая ступень испарения включена в два сдвоенных блока выносных сепарационных циклонов наружным диаметром 426 мм и два средних блока экранов топки.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по стоякам диаметром 219 мм с толщиной стенки 18 мм и опускным трубам  $\varnothing 159 \times 14$  мм. Пароотводящая смесь из топочных экранов в барабан отводится по трубам  $\varnothing 159 \times 14$  мм. Все указанные трубы выполнены из стали 20.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа, размещен над топочной камерой и в горизонтальном газоходе.

Радиационная часть состоит из блоков ширм, выполненных из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ), и блоков цельносварного потолочного пароперегревателя, выполненного из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм (сталь 20).

Конвективная часть состоит из блоков I, III и IV ступеней пароперегревателя, выполненных из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм,  $\varnothing 32 \times 4,5$  мм и  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 20, 12Х1МФ и 12Х18Н12Т).

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется двумя впрысками собственного кон-

денсата в пароохладители первой и второй ступеней.

В конвективном газоходе за пароперегревателем размещены водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель, скомпонованные «в рассечку».

Экономайзер состоит из двух ступеней, выполненных из гладких труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20).

Кубы воздухоподогревателя выполнены из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (Ст. 3).

Блоки водяного экономайзера и воздухоподогревателя установлены один на другой и сварены между собой плотным швом во избежание присосов холодного воздуха.

Каркас котла представляет собой рамную конструкцию и выполнен для поставки как в сейсмичные районы, так и в районы с сейсмичностью до 9 баллов.

Котел подвешивается на шарнирных тросах к потолочному перекрытию каркаса.

Барабан установлен на консольной части потолочных балок, а конвективная шахта опирается на портал котла.

Котел оборудован тепловой камерой для совместной изоляции перепускных труб и камер котла, имеющей вулканитовую изоляцию.

Обмуровка экрана топki выполнена в виде натрубной изоляции (вулканитовые плиты или напыляемая асбоперлитовая масса).

Обмуровка щитов конвективного газохода – накаркасная, в районе пароперегревателя – кирпичная.

Для очистки поверхностей нагрева топочной камеры котла и пароперегревателя от золовых отложений предусмотрены обдувочные аппараты. Для очистки опускного конвективного газохода предусмотрена дробеочистка.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри котла.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Котел поставляется транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                               |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 320                           |
| Вид топлива                                                              | Каменный уголь марки Д, торф* |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)                    |
| Темпера, °С:                                                             |                               |
| перегретого пара                                                         | 560                           |
| питательной воды                                                         | 230                           |
| уходящих газов                                                           | 142/165*                      |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |                               |
| гарантийный                                                              | 91/87*                        |
| расчетный                                                                | –/88,2                        |
| расход топлива, т/ч;                                                     |                               |
| условного                                                                | –/30,8                        |
| натурального                                                             | –/82,2                        |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                               |
| газовой                                                                  | 160/219,4*                    |



|                                                                         |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| воздушной                                                               | 68,7/98,2*                               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 190                                      |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, °С:                         |                                          |
| на входе                                                                | 30                                       |
| на выходе                                                               | 395/390                                  |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | –/2,23·10 <sup>6</sup> *                 |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | 92·10 <sup>3</sup> /96·10 <sup>3</sup> * |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | 2,2·10 <sup>3</sup>                      |
| Размеры ячейки по осям колони, м:                                       |                                          |
| ширина                                                                  | 24                                       |
| глубина                                                                 | 36                                       |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 40,2                                     |

\* В числителе представлены данные по котлу Е-320-13,8-560 КТ, а в знаменателе по котлу Е-320-13,8-560 ДТ

### 6.9. Котел Е-320-13,8 Ж (БКЗ-320-140 ПТ-5)

Котельный агрегат Е-320-140 Ж (рис. 105, 106) предназначен для выработки перегретого пара на тепловых электростанциях при сжигании ирша-бородинского и назаровских бурых углей Канско-Ачинского бассейна.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, П-образной компоновки, с жидким шлакоудалением.

Топочная камера полностью экранирована трубами диаметром 60 мм с толщиной стенки 6 мм (сталь 20), расположенными с шагом 64 мм. Топочная камера по трубам обшита металлическим листом. В нижней части топки трубы фронтального и заднего экранов образуют пережим (полуоткрытая топка), разделяющий утепленную камеру горения и камеру охлаждения.

Камера горения представляет собой два восьмигранных предтопка, соединенных переходным коридором. Стены предтопков ошипованы и утеплены. Трубы фронтального и заднего экранов внизу топки образуют слабонаклонный под, в котором имеются две летки для выхода жидкого шлака. Удаление шлака непрерывное, механизированное, со шнековым транспортером и дробилкой.

Топка оборудована восемью прямоточными горелками (расположенными по четыре на каждом предтопке). Они установлены на угловых гранях и направлены тангенциально к окружностям диаметром 980 мм по осям каждого предтопка.

Восемь сбросных горелок расположенных выше основных горелок и направлены тангенциально к окружностям в центре предтопков и имеют крутку, противоположную прямоточным горелкам. На фронтальной стене топки имеются четыре окна для забора газов на сушку.

Топочные экраны секционированы на 16 независимых циркуляционных контуров.

Барабан котла – сварной конструкции, с внутренним диаметром 1600 мм с толщиной стенки 112 мм (сталь 16НГМА).

Схема испарения – двухступенчатая, с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств, вторая ступень включает две группы выносных сепарационных циклонов, выполненных из труб диаметром 426 мм.

Вода из барабана к испарительным экранам поступает по трубам диаметром 133 мм. Пароводяная смесь из экранов в барабан отводится трубами диаметром 133 мм.

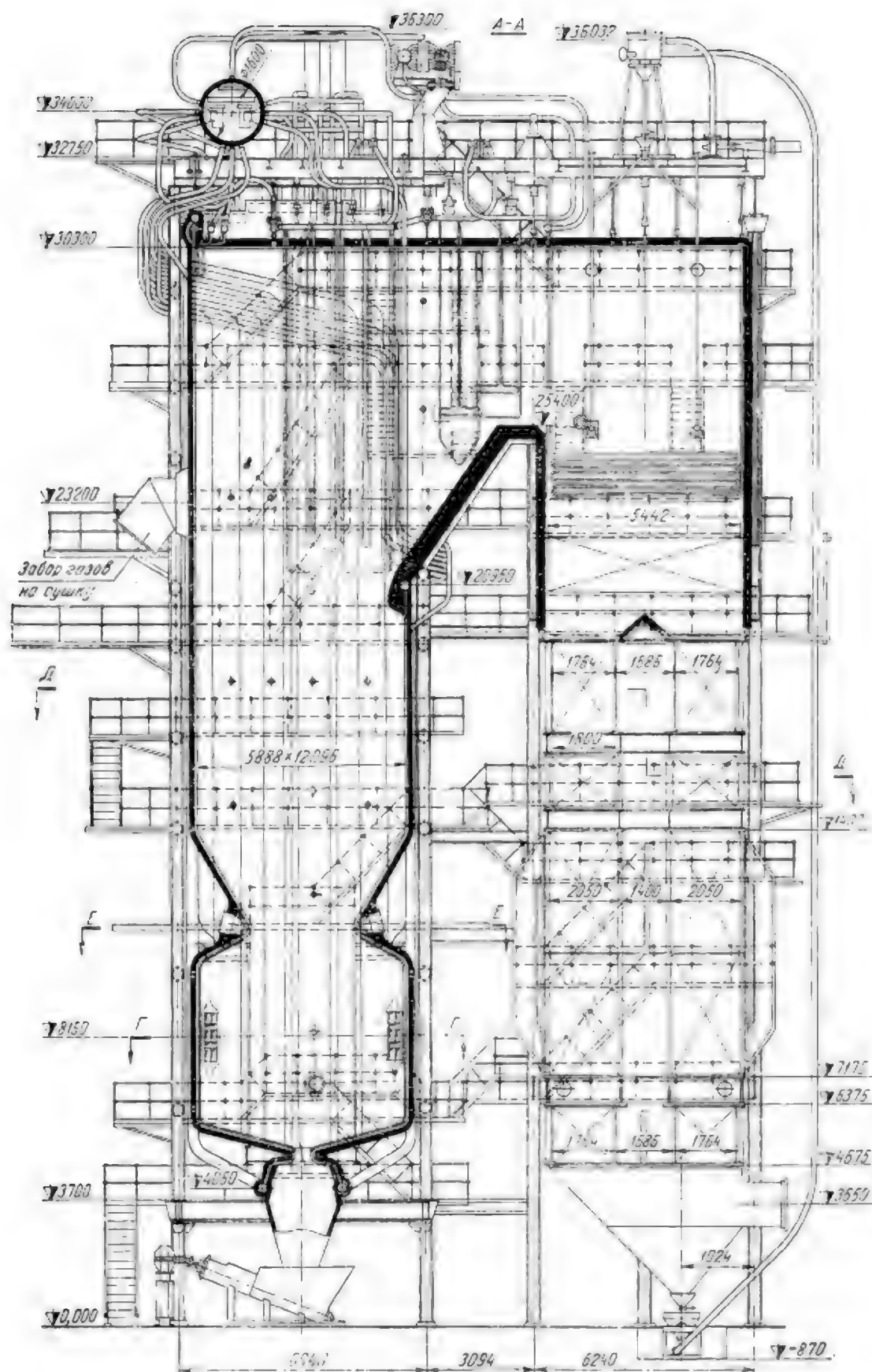


Рис. 105. Продольный разрез котла Е-320-140 Ж (БКЗ-320-140 ПТ-5)



Пароперегреватель – радиационно-конвективного типа. Радиационная часть выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб диаметром 32 мм с толщиной стенки 4 мм (сталь 12Х1МФ) и потолочных поверхностей топочной камеры, горизонтального и опускного газоходов из труб диаметром 42 мм с толщиной стенки 5 мм (сталь 20). Конвективная часть пароперегревателя состоит из отдельных ступеней, расположенных в горизонтальном газоходе котла и выполненных из труб диаметром 38 и 42 мм с толщиной стенки 6,5 и 4 мм (сталь 12Х1МФ и 12Х18Н12Т).

Температура перегретого пара регулируется впрыском собственного конденсата, полученного на специальной установке.

Гладкотрубный водяной экономайзер из труб диаметром 32 мм с толщиной стенки 4 мм (сталь 20) и трубчатый воздухоподогреватель из труб диаметром 40 мм с толщиной стенки 1,5 мм (сталь 3) выполнены «в рассечку» и расположены в опускном газоходе. Кубы воздухоподогревателя и блоки «холодной части» экономайзера установлены друг за другом и сварены между собой для увеличения плотности конвективного газохода. При нагревании конвективная шахта расширяется вверх.

Точная камера подвешена к собственному каркасу, конвективная шахта опирается на портал.

Обмуровка экранов топки выполнена в виде натрубной изоляции (вулканитовые плиты или напыляемая асбоперлитная масса). Обмуровка конвективного газохода накаркасная, в районе пароперегревателя – кирпичная.

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрена виброочистка, обдувочные устройства и дробеочистка.

Котлоагрегат снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а так же контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы.

Предусмотрено изготовление котла крупными транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 320         |
| Вид топлива                                                              | бурый уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140)  |
| Температура, °С:                                                         |             |
| перегретого пара                                                         | 560         |
| питательной воды                                                         | 230         |
| уходящих газов                                                           | 157         |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                                |             |
| гарантийный                                                              | 90          |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                    | 945         |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                        |             |
| ширина                                                                   | 13,15       |
| глубина                                                                  | 16,28       |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                       | 36,2        |

#### 6.10. Котлы Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8 и БКЗ-320-140 ГМ-8с)

Котлы Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8 и БКЗ 320-140 ГМ-8с) предназначены для работы на родном газе и мазуте с теплофикационными турбинами на высокие параметры пара.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный с естественной циркуляцией, однокорпусный, разной компоновки, в газоплотном исполнении (рис. 107, 108).

Топочная камера призматической формы, открытого типа с размерами в плане по осям труб 11,82x5,45 м. Топочная камера полностью экранирована цельносварными газоплотными панелями из труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм с шагом 80 мм и сваренной полосой. В зоне максимальных тепловых потоков применены трубы из стали 15ХМ, в остальной части – из стали 20.

Под топку образован фронтным и задним экранами.

Блоки топочной камеры подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз. Жесткость стен топочной камеры обеспечивается поясами жесткости.

Топка оборудована шестью газомазутными горелками, расположенными в два яруса на фронтальной стене.

Топочные экраны разделены на 16 независимых циркуляционных контуров.

Барaban котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 115 мм, изготавливается из листовой стали 16ГНМА.

Вода из барабана к циркуляционным контурам первой ступени испарения подводится по трубам наружным диаметром 219 мм с толщиной стенки 20 мм (сталь 20). Отвод пароводяной смеси и пара из барабана, а также подвод воды в контур второй ступени испарения осуществляется по трубам  $\varnothing 133 \times 13$  мм (сталь 20).

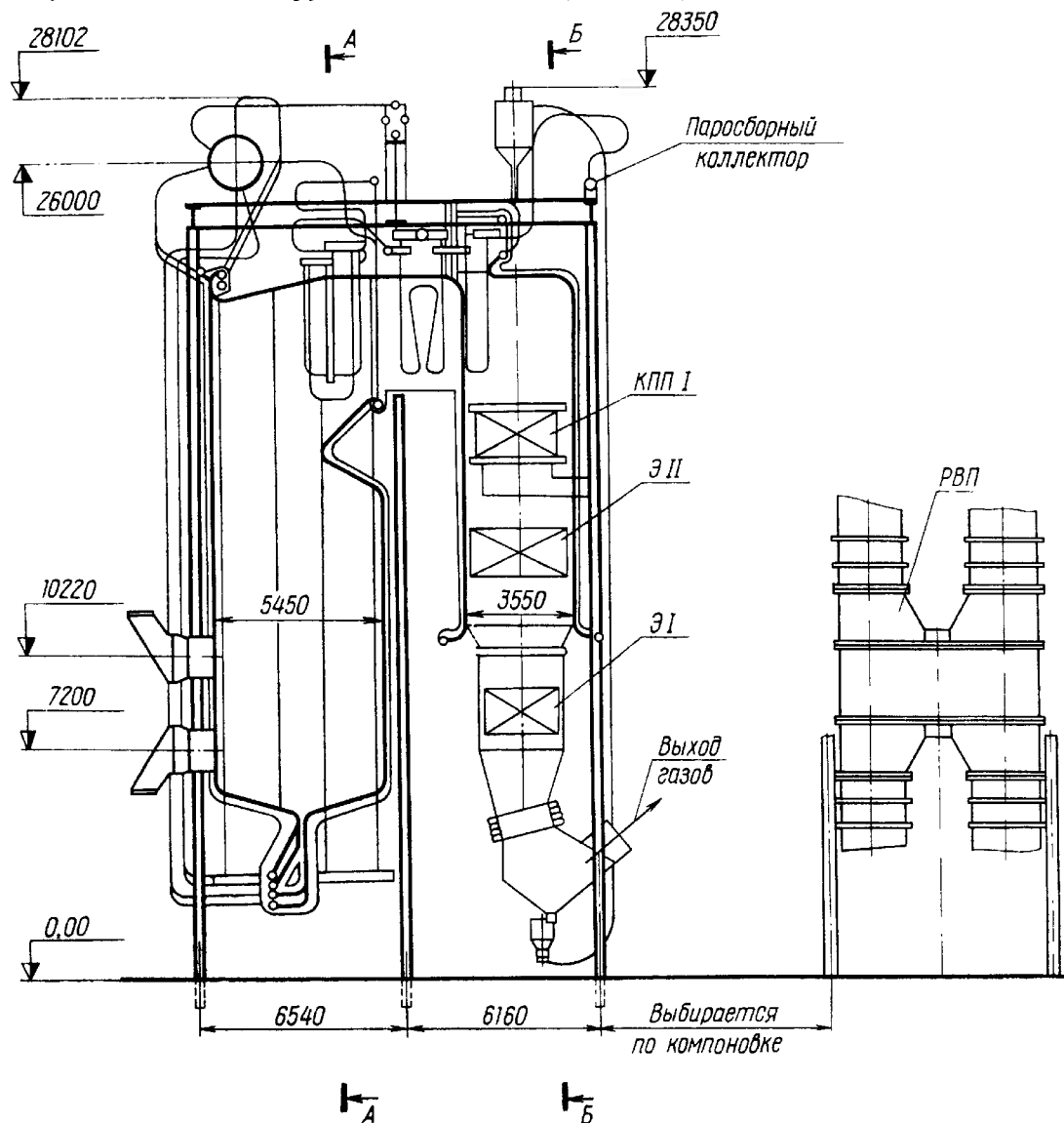


Рис. 107. Продольный разрез котла Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8)

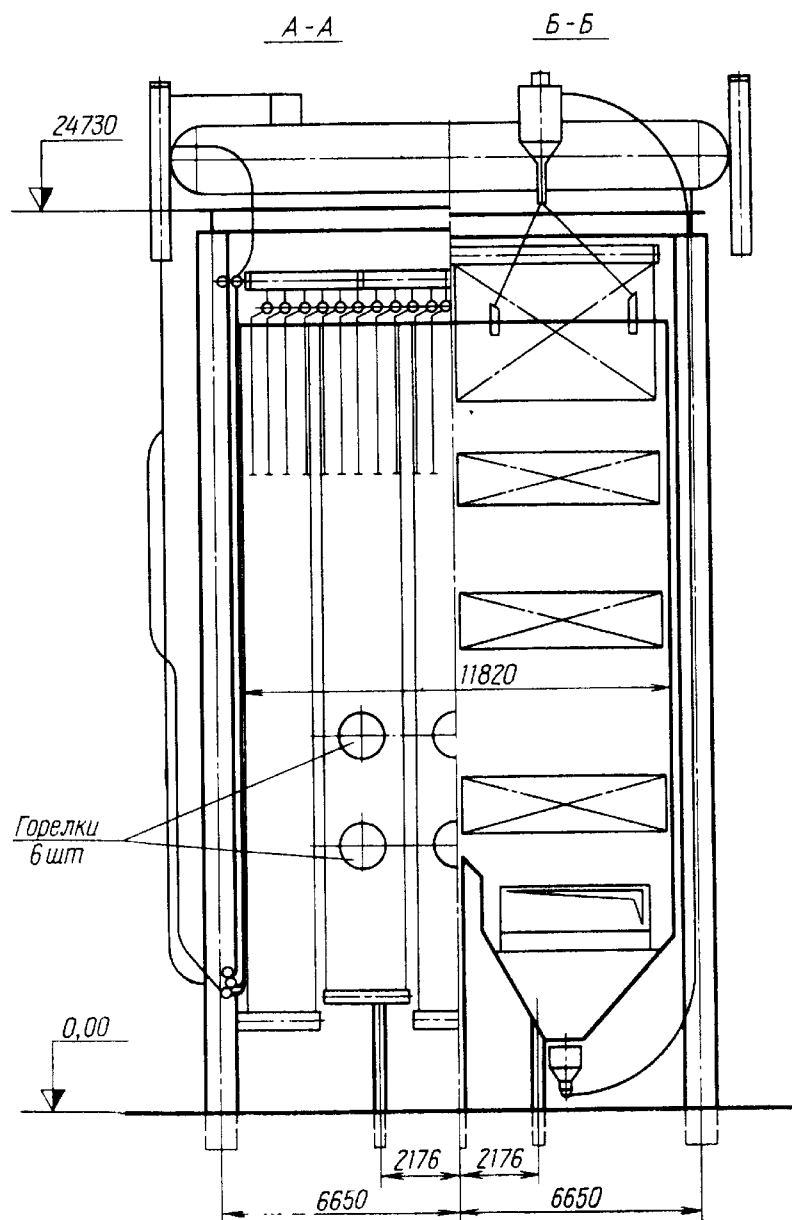


Рис. 108. Поперечный разрез котла Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8)

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

В первую ступень испарения включены 14 независимых циркуляционных контуров. Два контура совместно с выносными сепарационными циклонами, водоспускной и паровыводящей системами образуют вторую ступень испарения.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа размещен в топочной камере и в горизонтальном поворотном газоходе.

Радиационная часть состоит из блока ширм, выполненных из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ), и блоков цельносварного потолочного пароперегревателя, выполненного из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм (сталь 20). Конвективный пароперегреватель изготовлен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм и  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 20, 12Х1МФ).

Выходная часть конвективного пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 32 \times 4,5$  мм

(сталь 12X18H12T).

Горизонтальный газоход экранирован цельносварными панелями из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм (сталь 20) и труб  $\varnothing 60 \times 6$  мм (сталь 20 и 15ХМ).

За пакетом конвективного пароперегревателя, выполненного из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20, 12Х1МФ), в конвективном газоходе размещен экономайзер.

Экономайзер выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20), состоит из двух ступеней. Вторая ступень экономайзера находится в опускном экранированном газоходе. Далее по ходу газов расположена первая ступень экономайзера.

Между первой и второй ступенями экономайзера по ходу воды, «в рассечку», включена установка для получения собственного конденсата.

Для подогрева воздуха котел оборудован двумя параллельно работающими вращающимися регенеративными воздухоподогревателями с диаметром ротора 5,4 м.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется посредством комбинированного воздействия на тепловосприятие: по газовой стороне — рециркуляцией дымовых газов, а по шаровой стороне — впрыском собственного конденсата в парохладителях.

Для восприятия теплового расширения опускного конвективного газохода предусмотрен линзовый компенсатор, расположенный в рассечке бункера дробеочистки.

Конвективный газоход в зоне первой ступени экономайзера обшит металлическими щитами с наружной изоляцией.

Благодаря тому что все наружные поверхности котла полностью экранированы мембранными панелями, исключается необходимость в обмуровке наружных поверхностей. Они только изолируются.

Изоляция котла представляет собой натрубную изоляцию газоходов, состоящую из вулканических плит или волокнистых рулонных материалов, поверх которых наносят газоплотное влагоустойчивое покрытие на основе поливинилацетатной дисперсии. Огнеупорные материалы использованы для защиты труб, расположенных в подовой части топочной камеры.

Места прохода змеевиков и ширм пароперегревателей через цельносварные ограждения котла закрыты специальными уплотнениями.

На котле предусмотрена паровая обдувка поверхностей нагрева третьей и четвертой ступеней пароперегревателя, а также дробеструйная очистка поверхностей нагрева, расположенных в опускном конвективном газоходе.

Для очистки поверхностей нагрева регенеративного воздухоподогревателя предусмотрены аппараты паровой обдувки.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева. Снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла водой, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

Котел имеет две модификации: для районов с сейсмичностью 8 баллов — БКЗ-320-140 ГМ-8с и несейсмичных районов — БКЗ-320-140 ГМ-8.

### Технические характеристики

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 320        |
| Вид топлива                                                              | Мазут, газ |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 13,8 (140) |
| Температура, °С:                                                         |            |
| перегретого пара                                                         | 560        |
| питательной воды                                                         | 230        |

|                                                                         |                           |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| уходящих газов                                                          | 152/117*                  |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %:                               |                           |
| гарантийный                                                             | 93/94*                    |
| Расход топлива, т/ч:                                                    |                           |
| натурального (газа – м <sup>3</sup> /ч)                                 | 22,0/23,9·10 <sup>3</sup> |
| условного                                                               | 29,6                      |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:          |                           |
| газовой                                                                 | 247                       |
| воздушной                                                               | 378,9                     |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 190                       |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, °С:                         |                           |
| на входе                                                                | 70                        |
| на выходе                                                               | 246                       |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | 3,6·10 <sup>6</sup> /–    |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | 217,3·10 <sup>3</sup> /–  |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                   | 945                       |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                       |                           |
| ширина                                                                  | 24                        |
| глубина                                                                 | 24                        |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 28,4                      |

\* В числителе значения для работы на мазуте, в знаменателе на газе

#### 6.11. Котлы Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9, БКЗ-220-100-9с)

Котел Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9) работает на каменных углях и предназначен для производства пара на теплофикационных электростанциях с теплофикационными турбинами.

Котел вертикально-водотрубный, однобарабанный с естественной циркуляцией, однокорпусный, П-образной компоновки, в газоплотном исполнении (рис. 109, 110).

Котел с твердым шлакоудалением, оборудован двумя шнековыми транспортерами и дробилками.

Топочная камера объемом 1123 м<sup>3</sup>, призматическая, открытого типа, размеры в горизонтальном сечении по осям труб 9,34х6,73 м.

Топка полностью экранирована газоплотными мембранными панелями из гладких труб Ø 60х6 мм с сваренной полосой толщиной 6 мм. Шаг труб составляет 80 мм.

Фронтальной и задней экраны в нижней части образуют скаты холодной воронки, через которую падающий шлак непрерывно удаляется.

Топка оборудована шестью пылеугольными вихревыми горелками, установленными встречно на каждой боковой стене.

Экраны топочной камеры подвешены к потолочным рамам каркаса и свободно могут расширяться вниз.

Экраны топки состоят из 14 самостоятельных циркуляционных контуров.

Водоподводящая система из барабана к нижним коллекторам экранов выполнена из восьми вынесенных за каркас труб Ø 219х18 мм (сталь 20).

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 88 мм, выполнен из листовой стали 22К, оборудован устройствами для ускоренного обогрева и расхолаживания.

Схема испарения двухступенчатая. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.



Вторая ступень испарения помещена в средних циркуляционных экранах боковых стен и включена в выносные паросепарационные циклоны с собственной водоподводящей и пароотводящей системами.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа. Входной радиационный потолочный пароперегреватель выполнен газоплотным из мембранных панелей, образованных из гладких труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм, с сваренной полосой шириной 6 мм (сталь 20). Шаг труб этого пароперегревателя составляет 80 мм.

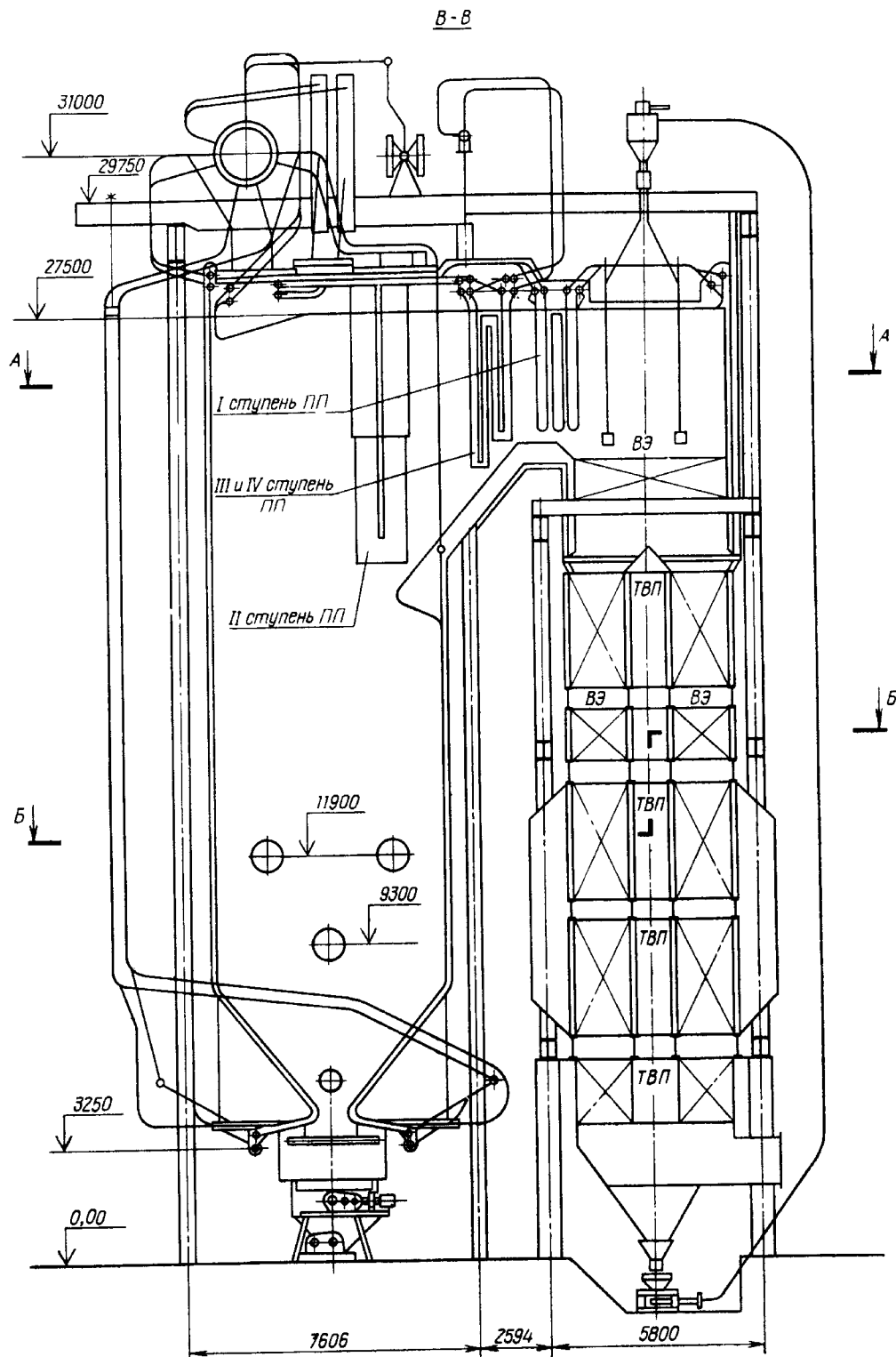


Рис. 109. Продольный разрез котла Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9)

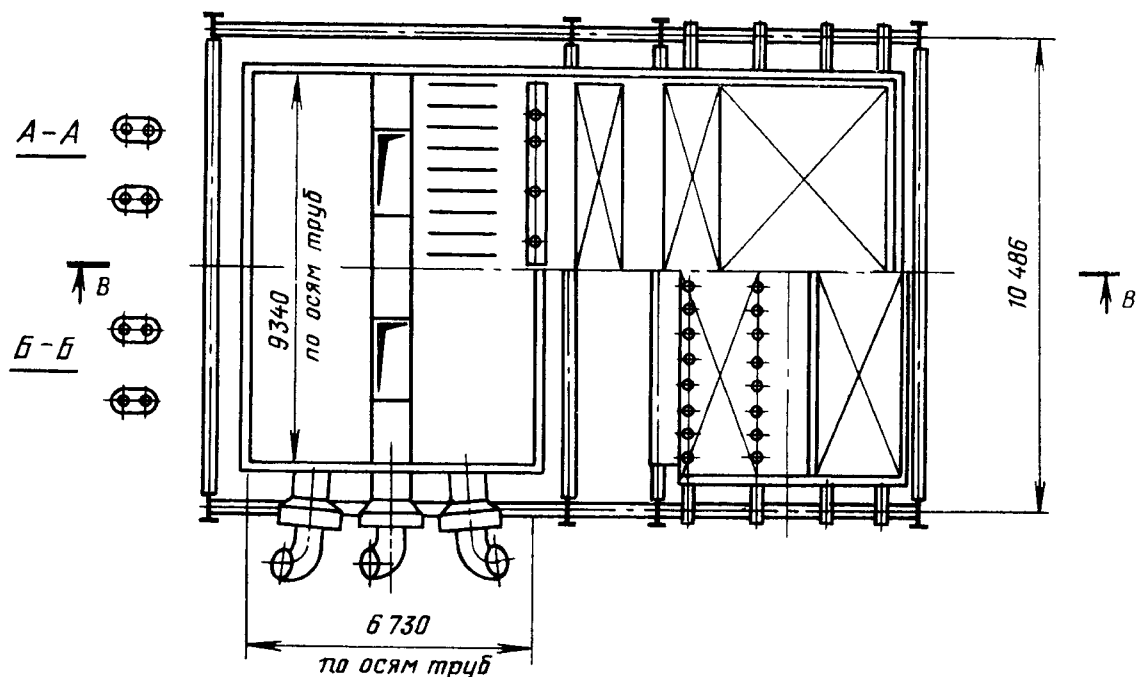


Рис. 110. Поперечный разрез котла Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9)

Аналогичными газоплотными панелями экранированы стены конвективного пароперегревателя, которые конструктивно выполнены как продолжение боковых экранов в верхней части топки с индивидуальным циркуляционным контуром.

Радиационно-конвективная часть пароперегревателя выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ) и расположена в верхней части на выходе газов из топки.

Конвективные поверхности змеевикового типа расположены в горизонтальном поворотном газоходе и выполнены из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм и  $\varnothing 38 \times 5$  мм (сталь 20 и 12Х1МФ).

Тракт пароперегревателя состоит из двух неперемешивающихся самостоятельных потоков. Температура перегретого пара регулируется двухступенчатым впрыском собственного конденсата, получаемого в конденсаторах, установленных на потолочной раме каркаса. Впрыск конденсата осуществляется благодаря перепаду давлений на участке конденсатор – точка впрыска.

В конвективной шахте по ходу газов в «рассечку» размещены экономайзер и воздухоподогреватель.

Экономайзер состоит из двух ступеней и выполнен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20). Воздухоподогреватель по трактам воздуха и газа выполнен двухступенчатым из труб  $\varnothing 40 \times 1,5$  мм (Ст. 3). Нижние, входные по воздуху кубы воздухоподогревателя – съемные.

Блоки экономайзера и воздухоподогревателя установлены друг на друга и опираются на портал каркаса. Все соединения сварены между собой, что до минимума снижает присосы.

Обмуровка ограждающих цельносварных экранов котла осуществляется рулонными волокнистыми материалами из супертонкого штапельного волокна горных пород (БСТВ). Неэкранированные ограждения горизонтального и поворотного газоходов имеют огнеупорную кладку на щитах каркаса. Огнеупорные материалы применены в амбразурах горелок и гарнитуре, а также в шлаковых бункерах, размещенных под топкой.

Для очистки испарительных и пароперегревательных поверхностей нагрева котла установлены обдувочные аппараты, а для поверхностей экономайзера и воздухоподогрева-

теля, размещенных в конвективном газоходе, применена дробеустановка.

Котел разработан с учетом возможности проведения ремонта поверхностей нагрева.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы.

Котел поставляется транспортабельными блоками.

Котел имеет две модификации: для несейсмичных районов – БКЗ-220-100-9, для районов с сейсмичностью 9 баллов – БКЗ-220-100-9с.

Таблица 13

### Технические характеристики

| Наименование показателей                                                                | Топливо                      |                            |                                              |                        |                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                         | Экибастузский каменный уголь | Куусчинский каменный уголь | Киргизский уголь Ташкумырского месторождения | Райчинский бурый уголь | Бурый уголь Вахрушевского месторождения |
| Номинальная паропроизводительность,                                                     | 220                          |                            |                                              |                        |                                         |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                | 9,8(100)                     |                            |                                              |                        |                                         |
| Температура, °С:<br>перегретого пара на выходе<br>питательной воды<br>уходящих газов    | 540                          |                            |                                              |                        |                                         |
|                                                                                         | 215                          |                            |                                              |                        |                                         |
|                                                                                         | 137                          | 135                        | 140                                          | 153                    | 140                                     |
| КПД (брутто) гарантийный, %                                                             | 91,4                         | 91,0                       | 91,36                                        | 90,0                   | 91,36                                   |
| Расход топлива, условного, т/ч                                                          | 20,3                         |                            |                                              |                        |                                         |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:<br>газовой<br>воздушной. | 111                          | 103                        | 101                                          | 101                    | 134                                     |
|                                                                                         | 382                          | 302                        | 202                                          | 202                    | 274                                     |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                         | 134                          | 134                        | 134                                          | 134                    | 134                                     |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, С:<br>на входе<br>на выходе                 | 30                           | 30                         | 45                                           | 45                     | 30                                      |
|                                                                                         | 381                          | 363                        | 382                                          | 382                    | 382                                     |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                 | 2,8·10 <sup>6</sup>          |                            |                                              |                        |                                         |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                              | 128,9·10 <sup>3</sup>        |                            |                                              |                        |                                         |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:<br>ширина<br>глубина                                  | 30                           |                            |                                              |                        |                                         |
|                                                                                         | 24                           |                            |                                              |                        |                                         |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                      | 33,5                         |                            |                                              |                        |                                         |

### 6.12. Котел Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ-220-100-11с)

Котел Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ-220-100-11с) работает на болгарских лигнитах и предназначен для поставки в Болгарию.

Котел вертикально-водотрубный, однобарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусный, башенной открытой компоновки в газоплотном исполнении (рис. 111).

Котел имеет твердое шлакоудаление, оборудован шнековым транспортером и дробилками. Котел спроектирован для условий работы в районах с сейсмичностью 8 баллов.

Топочная камера призматической формы, открытого типа, с размерами в плане по осям труб 8,1х8,0 м.

Топочная камера полностью экранирована цельносварными газоплотными панелями из труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм с вваренной полосой (сталь 20). Шаг трубы составляет 80 мм. В верхней части топки экраны образуют сужение или пережим. Верхняя часть ограждений газохода, начиная с пережима и выше, выполнена также газоплотной из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм с вваренной полосой (сталь 20). Сопряжение между трубами  $\varnothing 60$  и  $42$  мм осуществляется через переходы.

Топка оборудована четырьмя угловыми прямоточными горелками, расположенными по касательной, к условному цилиндру  $\varnothing 1000$  мм, ось которого совпадает с осью топки.

В верхней части топки в экранированном газоходе между первой и третьей ступенями пароперегревателя по углам расположены четыре газозазорных окна.

Блоки топочной камеры подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз.

Жесткость и прочность стен топочной камеры обеспечивается поясами жесткости.

Топочные экраны разделены на 14 независимых циркуляционных контуров.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 88 мм, изготавливается из листовой стали 22К.

Вода из барабана к испарительным экранам подается по двум стоякам  $\varnothing 426$  мм (сталь 20). Подвод воды из барабана к стоякам и отвод из них к нижним камерам экранов идет по трубам  $\varnothing 219 \times 18$  мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

В первую ступень испарения включены 12 независимых циркуляционных контуров.

Два контура совместно с выносными сепарационными циклонами, водоопускной и пароотводящей системами образуют вторую ступень испарения.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа расположен в вертикальном газоходе. Он состоит из трех ступеней.

Первая ступень пароперегревателя выполнена из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20) в виде пакетов труб.

Вторая ступень представляет собой горизонтальные ширмы на выходе из топки. Ширмы выполнены из труб  $\varnothing 38 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ).

Третья ступень, расположенная между первой и второй, выполнена из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм и  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 12Х1МФ).

Трубы, экранирующие верхнюю часть котла, расположены над пережимом топки и включены в тракт пароперегревателя.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется впрыском питательной воды в двух ступенях впрыскивающих пароохладителей.

За пароперегревателем по ходу газов в верхней части экранированного газохода помещен экономайзер, который разделен на две ступени. Экономайзер выполнен из труб

Ø 32x4 мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха котел оборудован регенеративным воздухоподогревателем и вынесен за пределы котла. Регенеративный воздухоподогреватель поставляется Болгарией.

Пароперегреватель и экономайзер подвешены к балке собственного каркаса.

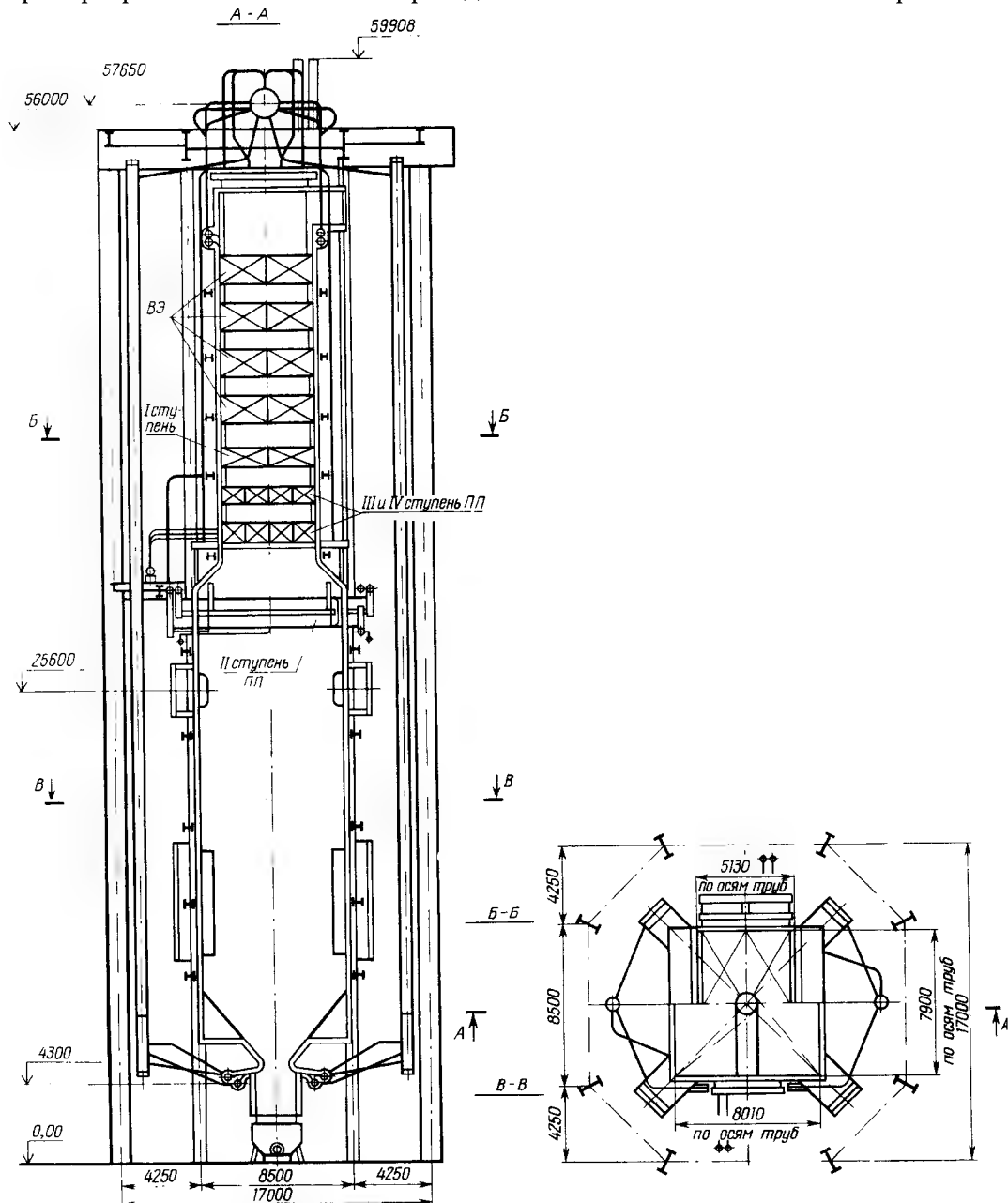


Рис. 111. Продольный разрез котла Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ-220-100-11с)

Благодаря тому, что все наружные поверхности нагрева котла полностью экранированы газоплотными панелями, отпадает необходимость в обмуровке наружных поверхностей котла, они только изолируются.

Изоляция котла является патрубной изоляцией газохода, состоящей из вулканистых плит или волокнистых рулонных материалов, поверх которых наносится газоплотное влагуостойчивое покрытие.

Огнеупорные материалы применяются в амбразурах горелок, гарнитуре, а также для шлаковых бункеров, размещенных под топкой.

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрена паровая обдувка. Для очистки поверхностей нагрева регенеративного воздухоподогревателя предусмотрены аппараты паровой обдувки (поставки Болгарии).

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

### Технические характеристики

|                                                                          |                    |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 220                |
| Вид топлива                                                              | Лигниты болгарские |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 9,8 (100)          |
| Температура, °С:                                                         |                    |
| перегретого пара на выходе                                               | 540                |
| питательной воды                                                         | 218                |
| уходящих газов                                                           | 169                |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, гарантийный %                     | 89                 |
| Расход топлива, условного, т/ч                                           | 21,4               |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                    |
| воздушной                                                                | 50                 |
| газовой                                                                  | 273                |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 135                |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, °С:                          |                    |
| на входе                                                                 | 50                 |
| на выходе                                                                | 300                |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | $2,83 \cdot 10^6$  |
| Тепловое напряжение объема, топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)              | $115,8 \cdot 10^3$ |
| Объем топки, м                                                           | $1,3 \cdot 10^3$   |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                        |                    |
| ширина                                                                   | 30                 |
| глубина                                                                  | 27 (без РВП)       |
| Высота, м                                                                | 60                 |

### 6.13. Котел Е-220-9,8-540 БТ (БКЗ-220-100-12с)

Котел Е-220-9,8-545 БТ (БКЗ-220-100-12с) предназначен для работы на болгарских бурых углях.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, однокорпусный, башенной открытой компоновки в газоплотном исполнении (рис. 112).

Котел имеет твердое шлакоудаление, выполненное шнековыми транспортерами и дробилками. Котел спроектирован для использования в районах с сейсмичностью 8 баллов.

Топочная камера призматической формы, открытого типа с размерами в плане по осям труб 7,9х8,0 м.

Топочная камера полностью экранирована цельносварными газоплотными панелями из труб Ø 60х5 мм с вваренной полосой (сталь 20). Шаг труб составляет 80 мм. В верхней части топки экраны образуют сужение или пережим. Верхняя часть ограждений газохода

выполнена также газоплотной из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм с сваренной полосой (сталь 20). Сопряжения между трубами диаметром 60 и 42 мм осуществляются через переходы.

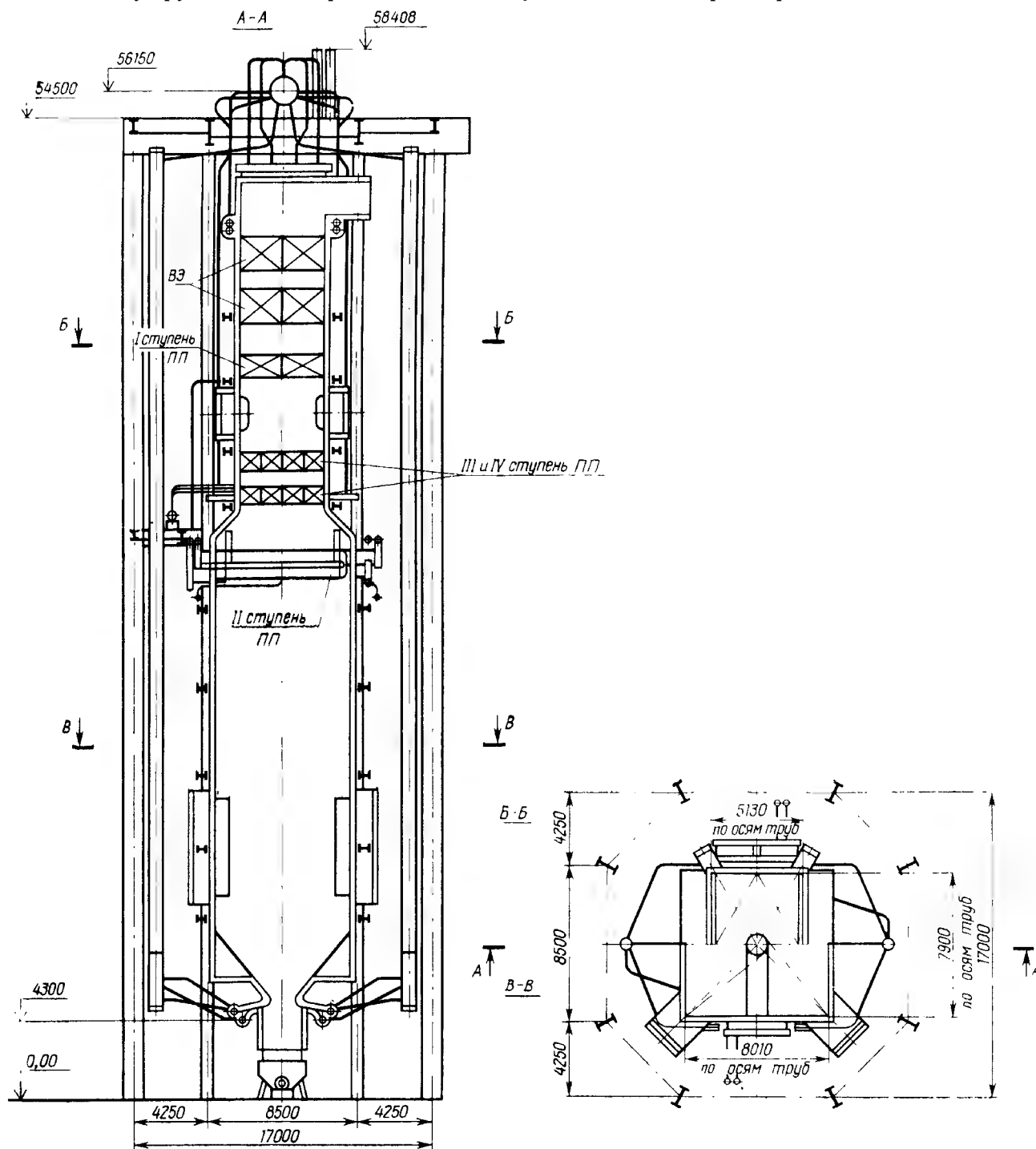


Рис. 112. Продольный разрез котла Е-220-9,8-540 БТ (БКЗ-220-100-12с)

Топка оборудована четырьмя угловыми прямоточными горелками, расположенными по касательной к условному цилиндру диаметром 1000 мм, ось которого совпадает с осью топки.

В верхней части топки в экранированном газоходе между первой и третьей ступенями пароперегревателя по углам газохода расположены четыре газозаборных окна.

Блоки топочной камеры подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз. Жесткость и прочность стен топочной камеры обес-

печиваются поясами жесткости.

Топочные экраны разделены на 14 независимых циркуляционных контуров.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм и толщину стенки 88 мм и изготавливается из листовой стали 22К.

Вода из барабана к испарительным экранам подается по двум стоякам диаметром 426 мм (сталь 20). Подвод воды из барабана к стоякам и отвод из стояков к нижним камерам экранов идет по трубам Ø 219x18 мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

В первую ступень испарения включены 12 независимых циркуляционных контуров.

Два контура совместно с выносными сепарационными циклонами, водоопускной и пароотводящей системами образуют вторую ступень испарения.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа расположен в вертикальном газоходе. Он состоит из четырех ступеней.

Первая ступень пароперегревателя из труб Ø 32x4 мм (сталь 20) выполнена в виде пакетов руб.

Вторая ступень представляет собой горизонтальные ширмы, расположенные на выходе из топки. Ширмы выполнены из труб Ø 38x4 мм (сталь 12X1МФ).

Третья ступень, расположенная между первой и второй ступенями, выполнена из труб Ø 32x4 мм и Ø 32x5 мм (сталь 12X1МФ).

Трубы, экранирующие верхнюю часть котла, расположенные над пережимом топки, включены в испарительные поверхности.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется впрыском питательной воды в двух ступенях впрыскивающих пароохладителей.

За пароперегревателем по ходу газов в верхней части экранированного газохода расположен экономайзер, который разделен на две ступени. Выполнен экономайзер из труб Ø 32x4 мм (сталь 20).

Для подогрева воздуха котел оборудован регенеративным вращающимся воздухоподогревателем, вынесенным за пределы котла.

Регенеративный воздухоподогреватель поставляется Болгарией.

Пароперегреватель и экономайзер подвешены к балкам собственного каркаса.

Благодаря тому, что все наружные поверхности нагрева котла полностью экранированы газоплотными панелями, отпадает необходимость в обмуровке наружных поверхностей котла, они только изолируются.

Изоляция котла является натрубной изоляцией, состоящей из вулканических плит или волокнистых рулонных материалов, поверх которых наносится газоплотное влагонепроницаемое покрытие.

Огнеупорные материалы применены в амбразурах горелок, гарнитуре, а также для шлаковых бункеров, размещенных под топкой;

Для очистки поверхностей нагрева котла предусмотрена паровая обдувка, для очистки поверхностей нагрева регенеративного воздухоподогревателя – аппараты паровой обдувки.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Котел поставляют транспортабельными блоками.



### Технические характеристики

|                                                                          |                        |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                  | 220                    |
| Вид топлива                                                              | Болгарский бурый уголь |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 9,8 (100)              |
| Температура, °С:                                                         |                        |
| перегретого пара на выходе                                               | 540                    |
| питательной воды                                                         | 218                    |
| уходящих газов                                                           | 170                    |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, гарантийный, %                    | 87,5                   |
| Расход топлива, условного, т/ч                                           | 21,1                   |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по стороне, мм вод. ст.:           |                        |
| газовой                                                                  | 232                    |
| воздушной                                                                | 55                     |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                          | 132                    |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, °С:                          |                        |
| на входе                                                                 | 50                     |
| на выходе                                                                | 278                    |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)  | $2,79 \cdot 10^6$      |
| Тепловое напряжение объема топки, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)               | $111,1 \cdot 10^3$     |
| Объем топки, м <sup>3</sup>                                              | $1,33 \cdot 10^3$      |
| Размеры ячейки по осям колонн, м:                                        |                        |
| ширина                                                                   | 30                     |
| глубина                                                                  | 21,6 (без РВП)         |
| Высота, м                                                                | 58,5                   |

#### 6. 14. Котел Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100-Г1)

Котел Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100-Г1) предназначен для работы на доменном, коксовом и природном газах. Котел устанавливается на ТЭЦ-ПВС предприятий черной металлургии.

Котел вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, сомкнутой П-образной компоновки в газоплотном исполнении, предназначен для работы с уравновешенной тягой (рис. 113). Точная камера и опускной конвективный газоход экранированы мембранными панелями с применением гладких труб Ø 60x5 мм (сталь 20), с вваркой полосы толщиной 6 мм (сталь 20) и шагом труб 80 мм. Размер топки по осям труб 5,93x7,58 м. Блоки топочной камеры и конвективного газохода подвешены на тягах к потолочному перекрытию каркаса котла и свободно расширяются.

Жесткость и прочность стен котла обеспечивается поясами жесткости.

Топочная камера призматическая, открытого типа. Под топки образован задним экраном, имеет наклон 15° к горизонтали. Фронтальный экран вверху образует наклонный потолок топки; задний экран уходит в трехрядный фестон.

Топка оборудована четырьмя прямоточно-вихревыми горелками, расположенными попарно на боковых стенах топки.

Барабан котла сварной, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 88 мм (сталь 22К).

Вода из барабана к испарительным экранам подается по двум стоякам диаметром 426 мм (сталь 20).

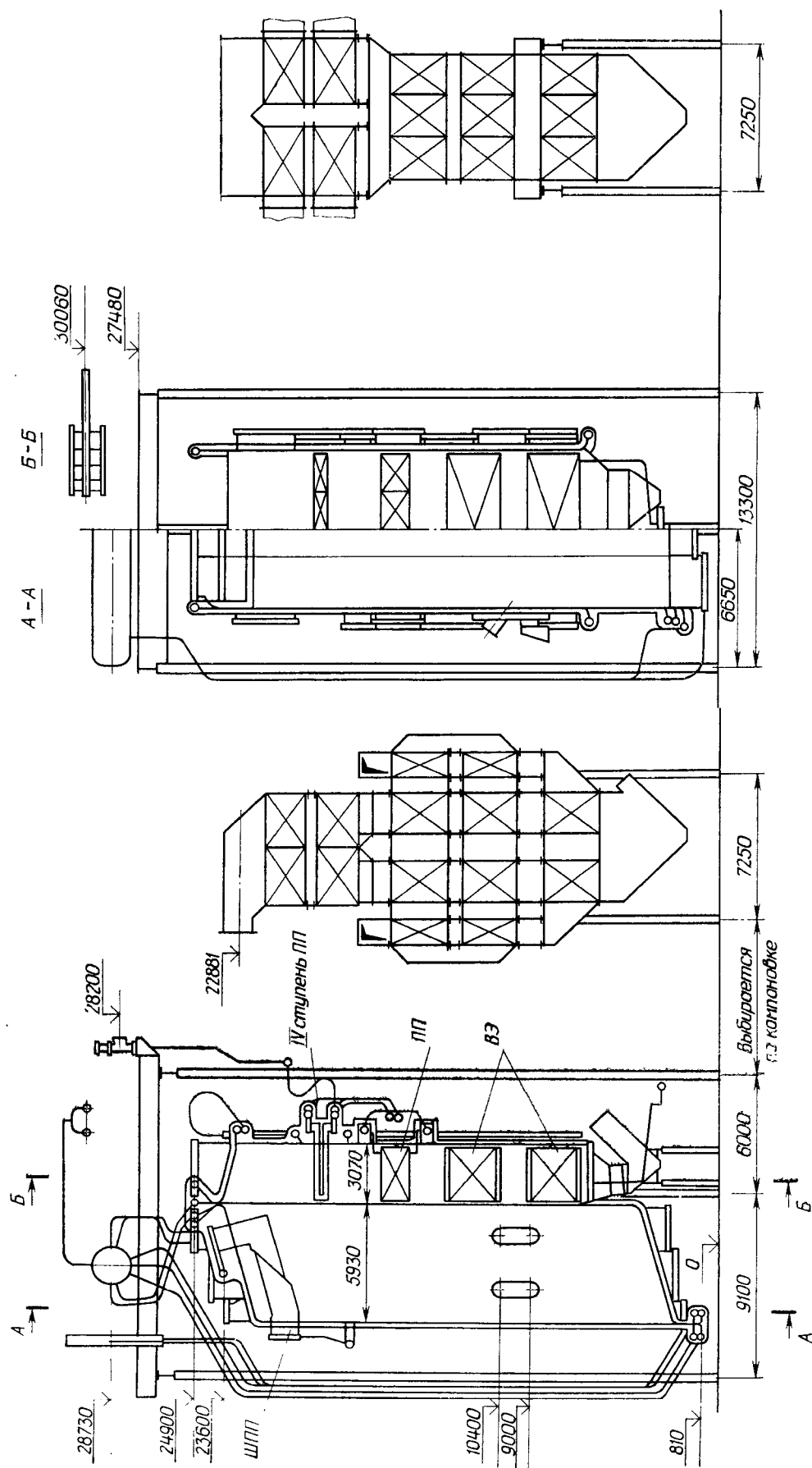


Рис. 113. Котел Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100-Г1)

Подвод воды из барабана к стоякам и отвод из стояков к нижним камерам экранов идет по трубам Ø 219x18 мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая с промывкой пара питательной водой. Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств. В первую ступень испарения включены 12 самостоятельных циркуляционных контуров.

Два контура вместе с выносными сепарационными циклонами, водоопускной и пароотводящей системами образуют вторую ступень испарения.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа. Радиационная часть выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб Ø 32x4 мм (сталь 12Х1МФ) и ограждений конвективного газохода (потолок, боковые и задняя стены), выполненных из цельносварных мембранных панелей из труб Ø 60x5 мм (сталь 20) с вваренной полосой толщиной 6 мм (сталь 20) и шагом труб 80 мм.

Конвективная часть пароперегревателя состоит из змеевиков Ø 32x5 мм (сталь 20, 12Х1МФ).

Температура перегретого пара регулируется впрыском собственного конденсата, рециркуляцией дымовых газов в воздушный тракт перед горелками, а также за счет изменения положения ядра факела при работе на разных топливных режимах.

Водяной экономайзер кипящего типа, гладкотрубный, змеевиковый, состоит из двух последовательных ступеней, изготовлен из труб Ø 32x4 мм (сталь 20).

Котел оборудован подогревателем доменного газа и трубчатым воздухоподогревателем, расположенным в отдельной выносной колонке.

Кубы подогревателя доменного газа выполнены из труб Ø 42x3,5 мм (сталь 20), кубы воздухоподогревателя – из труб Ø 40x1,5 мм (Ст. 3).

Каркас котла представляет собой пространственную рамную конструкцию, состоящую из колонн, балок и верхнего потолочного перекрытия, опирающегося на колонны.

Обмуровка котла и выносной колонки представляет собой изоляцию из вулканитовых плит или волокнистых рулонных материалов. Огнеупорные материалы применяются только в амбразурах и гарнитуре.

Котел снабжен необходимой арматурой гарнитурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Узлы котла выполнены в виде законченных транспортабельных блоков.

Котел выпускается для установки в закрытом помещении в несейсмичных районах.

### Технические характеристики

|                                                                         |                     |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                 | 220                 |
| Вид топлива                                                             | Газ                 |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                               | 9,8 (100)           |
| Температура, °С:                                                        |                     |
| пара                                                                    | 540                 |
| питательной воды                                                        | 215                 |
| уходящих газов                                                          | 158/143*            |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, %                                | 91/93,8*            |
| Аэродинамическое сопротивление тракта по газовой стороне, мм вод. ст.   | 303,2               |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 135                 |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе, °С:                         |                     |
| на входе                                                                | 30                  |
| на выходе                                                               | 202                 |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | 3,9·10 <sup>8</sup> |

|                                                                      |                       |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч) | 181,6·10 <sup>3</sup> |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                | 809                   |
| Размеры ячейки котла по осям колонн, м:                              |                       |
| ширина                                                               | 24,0                  |
| глубина                                                              | 30,0                  |
| Высота до верхней хребтовой балки, м                                 | 31,0                  |

\* В числителе значение при сжигании 90 % доменного и 10 % коксового газа, в знаменателе при сжигании природного газа

### 6.15. Котел Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9)

Котел Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9) предназначен для работы на каменных и бурых углях на тепловых электростанциях с теплофикационными турбинами.

Котел вертикально-водотрубный, однобарабанный с естественной циркуляцией, на высокие параметры пара, однокорпусный П-образной закрытой компоновки в газоплотном исполнении (рис. 114, 115).

Котел имеет твердое шлакоудаление, снабжен двумя шнековыми транспортерами.

Топочная камера объемом 1123 м<sup>3</sup> призматической формы открытого типа с размерами в плане по осям труб 9,34х6,73 м.

Топочная камера полностью экранирована цельносварными мембранными газоплотными панелями, образованными из гладких труб Ø 60х6 мм с вваренной полосой толщиной 6 мм (сталь 20). Шаг труб составляет 80 мм.

Фронтальной и задней экраны в нижней части образуют скаты холодной воронки, через которую выпадающий шлак непрерывно удаляется.

Топка оборудована шестью пылеугольными вихревыми горелками, расположенными по три на каждой боковой стене в форме треугольника вершиной вниз.

Блоки топочной камеры подвешены на тросах к потолочным рамам каркаса котла и свободно расширяются вниз. Жесткость стен топочной камеры обеспечивается поясами жесткости.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 12 мм и изготавливается из листовой стали 16ГНМА.

Барабан оборудован устройствами для ускоренного обогрева и расхолаживания.

Вода из барабана к нижним коллекторам экранов подается по восьми вынесенным за каркас трубам Ø 219х20 мм (сталь 20).

Схема испарения воды двухступенчатая с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла и представляет собой сочетание внутрибарабанных циклонов и промывочных устройств.

Вторая ступень состоит из средних циркуляционных экранов боковых стен, включенных в выносные паросепарационные циклоны, и имеет собственную водоспускную и паропроводящую системы.

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа, состоит из четырех ступеней. Входной потолочный радиационный пароперегреватель выполнен газоплотным из мембранных панелей, образованных из гладких труб Ø 42х5 мм, с вваркой полосы толщиной 6 мм (сталь 20).

Шаг труб составляет 80 мм.

Полурadiационная часть пароперегревателя выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб Ø 32х5 мм (сталь 12Х1МФ), расположена в верхней части на выходе из топки и является второй ступенью.

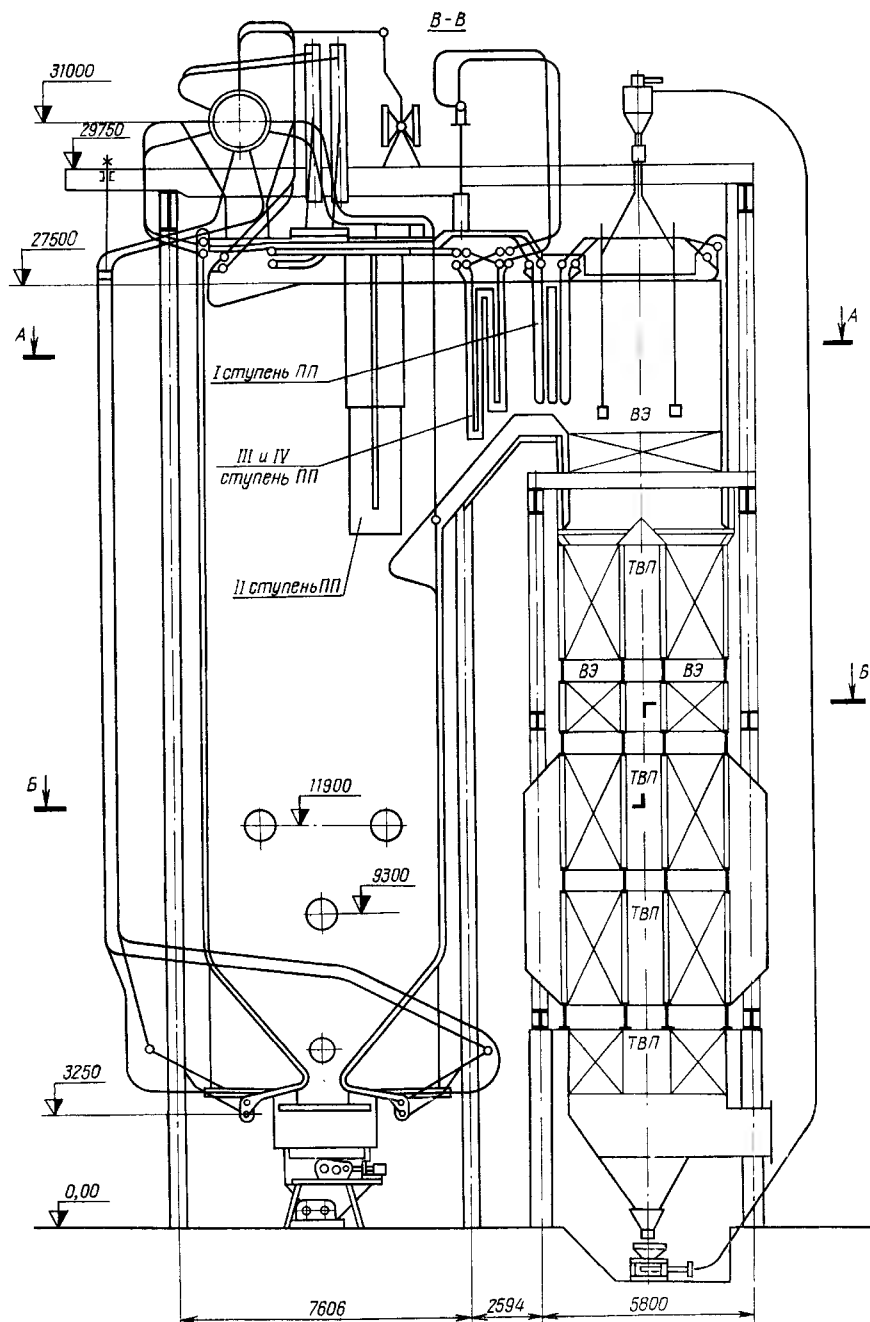


Рис. 114. Продольный разрез котла Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9)

Конвективные поверхности пароперегревателя расположены в горизонтальном поворотном газоходе и выполнены из труб  $\varnothing 32 \times 4,5$  мм (сталь 20, 12Х1МФ) и выходной панели из стали 12Х18Н12Т и представляют собой первую, третью и четвертую ступени.

Тракт пара пароперегревателя состоит из двух независимых потоков.

Температура перегретого пара регулируется двухступенчатым впрыском собственного конденсата, получаемого в конденсаторах, установленных на потолочной раме каркаса. Впрыск конденсата осуществляется за счет перепада давлений на участке конденсатор – точка впрыска.

В конвективном газоходе расположены «в рассечку» водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель.

Водяной экономайзер имеет две ступени и выполнен из труб Ø 32x4 мм (сталь 20).

Трубчатый воздухоподогреватель выполнен из труб Ø 40x1,5 мм (Ст. 3). Воздухоподогреватель по трактам воздуха и газов является двухпоточным. Нижние, входные по воздуху кубы – съемные.

Блоки воздухоподогревателя и водяного экономайзера установлены друг на друге и опираются на портал каркаса. Все соединения сварены между собой, что до минимума снижает присосы.

Обмуровка цельносварных трубчатых экранов котла осуществляется рулонными волокнистыми материалами.

Ограждениями горизонтального и поворотного газохода служит огнеупорная кладка на щитах каркаса. Огнеупорные материалы применены также в амбразурах горелок, гарнитуре и шлаковых бункерах.

Очистка экранов топочной камеры производится маловыдвижными аппаратами паровой обдувки. Поверхности нагрева пароперегревателя очищаются паром с помощью выдвижных аппаратов обдувки. Очистка поверхностей нагрева в конвективной шахте осуществляется с помощью устройств дробечистки.

Таблица 14

### Технические характеристики

| Показатели                                                                                | Топливо                           |                                        |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                                           | Черемховский<br>каменный<br>уголь | Печорский<br>каменный<br>уголь марки Д | Райчихинский<br>бурый уголь |
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                                   | 210                               |                                        |                             |
| Давление пара на выходе из пароперегревателя, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                  | 13,8(140)                         |                                        |                             |
| Температура, °С:<br>перегретого пара на выходе.<br>питательной воды.                      | 560<br>230                        |                                        |                             |
| уходящих газов                                                                            | 142                               | 135                                    | 159                         |
| КПД (брутто) при номинальной нагрузке, га-                                                | 91,0                              | 91,0                                   | 91,0                        |
| Расход топлива, условного, т/ч                                                            | 19,0                              | 18,7                                   | 19,3                        |
| Аэродинамическое сопротивление такта по<br>стороне, мм вод. ст.:<br>газовой.<br>Воздушной | 117<br>130                        |                                        |                             |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                                           | 125                               |                                        |                             |
| Температура воздуха в ВЗП, °С:<br>на входе.<br>на выходе                                  | 60<br>355                         |                                        |                             |
| Тепловое напряжение поперечного сечения<br>топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч)                | 2,53·10 <sup>6</sup>              |                                        |                             |
| Тепловое напряжение объема топочной каме-<br>ры, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)                 | 119,3·10 <sup>3</sup>             |                                        |                             |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                                                     | 1,12·10 <sup>3</sup>              |                                        |                             |
| Размеры котла по осям колонн, м:<br>ширина<br>глубина                                     | 24<br>30                          |                                        |                             |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                                        | 33,5                              |                                        |                             |

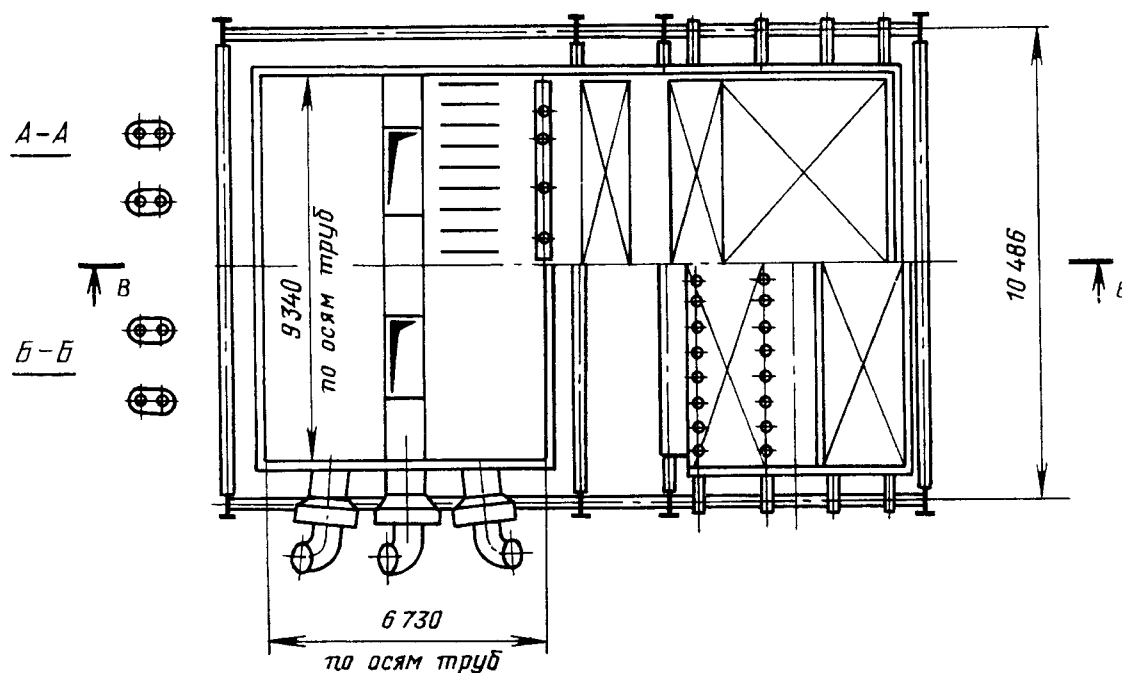


Рис. 115. Горизонтальные разрезы котла Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9)

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами.

Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Котел поставляют транспортабельными блоками.

#### 6.16. Котел Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100 ГМ-4 и БКЗ-160-100 ГМ-4с)

Котел Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100 ГМ-4 и БКЗ-160-100 ГМ-4с) предназначен для работы на мазуте и природном газе.

Котел унифицированной конструкции, вертикально-водотрубный, одnobарабанный, с естественной циркуляцией, сомкнутой П-образной компоновки, в газоплотном исполнении, предназначен для работы, как с уравновешенной тягой, так и под наддувом (рис. 116).

Топочная камера и опускной конвективный газоход экранированы мембранными панелями с применением гладких труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм с вваркой полосы толщиной 6 мм (сталь 20). Шаг труб составляет 80 мм. Боковые стены конвективного газохода выполнены из испарительных труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм с шагом 100 мм.

Потолок и задняя стена конвективного газохода выполнены из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм с шагом 80 мм.

Размер топки по осям труб 4,49х7,1 м.

Блоки топочной камеры и конвективного газохода подвешены на тягах к потолочно-му перекрытию каркаса котла и свободно расширяются вниз.

Жесткость стен котла обеспечивается поясами жесткости.

Топочная камера призматическая, открытого типа. Под и потолок топки имеют наклон  $15^\circ$  к горизонтали.

Топка оборудована четырьмя вихревыми газомазутными горелками, расположен-

ными по две, одна над другой, на боковых стенах топки.

Барабан котла сварной конструкции, имеет внутренний диаметр 1600 мм с толщиной стенки 88 мм (сталь 22К).

Схема испарения двухступенчатая с промывкой пара питательной водой.

Первая ступень испарения включена непосредственно в барабан котла, вторая – в выносные сепарационные циклоны.

Испарительные экраны разделены на 12 самостоятельных циркуляционных контуров. В испарительный тракт включены ограждающие экраны топки и боковые экраны конвективного газохода.

Из барабана выходят опускные трубы  $\varnothing 219 \times 18$  мм (сталь 20), опускные трубы сепарационных циклонов и все пароотводящие трубы имеют  $\varnothing 133$  мм и толщину стенки 10 мм (сталь 20).

Пароперегреватель радиационно-конвективного типа. Радиационная часть выполнена в виде ширмовых поверхностей нагрева из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 12Х1МФ) и ограждений конвективного газохода (потолок, задняя стена).

Конвективная часть пароперегревателя (две ступени) состоит из змеевиков  $\varnothing 32 \times 5$  мм (сталь 20, 12Х1МФ).

Температура перегретого пара регулируется впрыском собственного конденсата и рециркуляцией дымовых газов в воздушный тракт перед горелками.

Экономайзер гладкотрубный, змеевиковый, состоит из двух ступеней, изготовлен из труб  $\varnothing 32 \times 4$  мм (сталь 20).

Котел оборудован вращающимся регенеративным воздухоподогревателем с диаметром ротора 5,4 мм (1 шт.). Возможна установка трубчатого воздухоподогревателя.

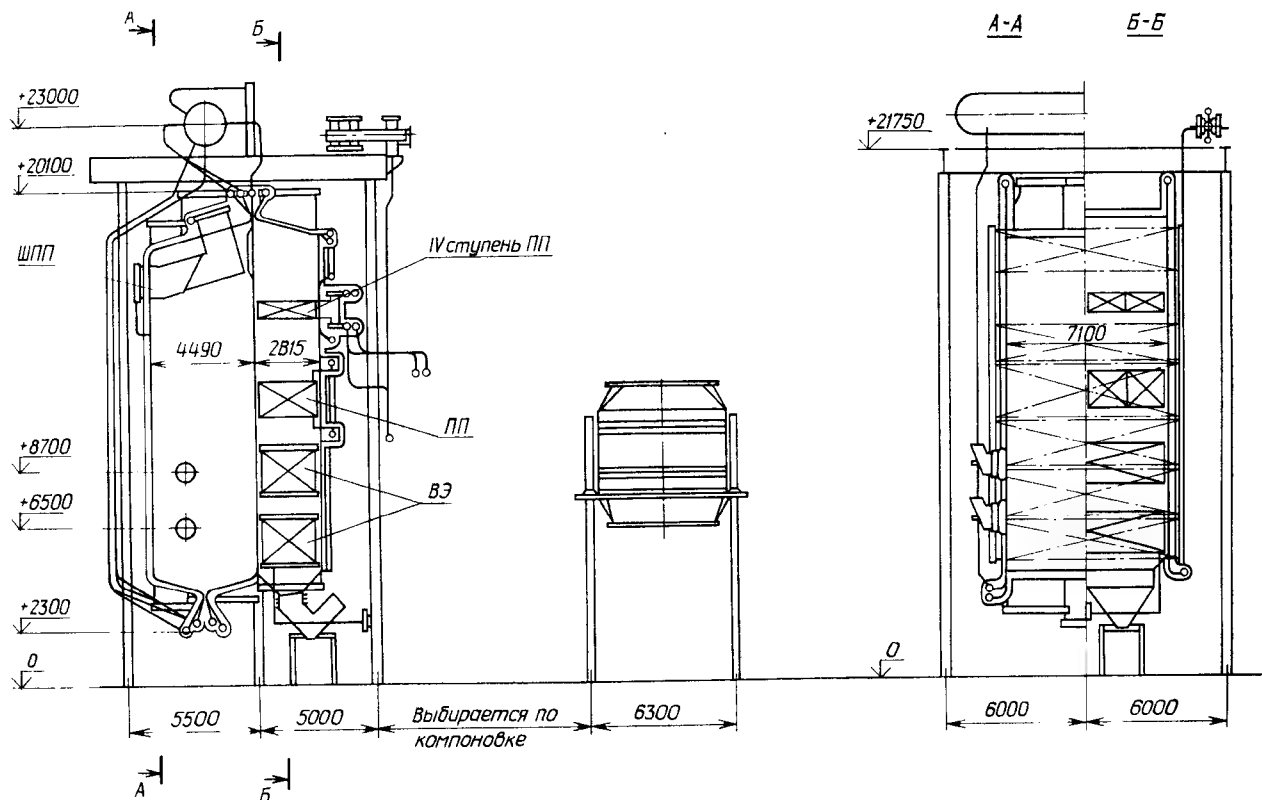


Рис. 116. Котел Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100 ГМ-4)



Каркас котла представляет собой пространственную рамную конструкцию, состоящую из колонн, балок и верхнего потолочного перекрытия, опирающегося на колонны.

Обмуровка котла и выносной колонки представляет собой изоляцию из вулканических плит или волокнистых рулонных материалов. Огнеупорные материалы применяются только в амбразурах, гарнитуре и для закрытия пода топки.

Котел снабжен необходимой арматурой, гарнитурой, устройствами для отбора проб пара и воды, контрольно-измерительными приборами, средствами автоматизации и тепловой защиты.

Узлы котла выполнены в виде законченных транспортабельных блоков.

Котел выпускается для открытой и закрытой установки, для умеренного и тропического климата с сейсмичностью до 9 баллов.

### Технические характеристики

|                                                                         |                      |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                                 | 160                  |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                               | 9,8(100)             |
| Температура, °С:                                                        |                      |
| пара                                                                    | 540                  |
| питательной воды                                                        | 215                  |
| уходящих газов                                                          | 125/149*             |
| КПД (брутто), при номинальной нагрузке, %                               | 94/93*               |
| Расход топлива, условного, т/ч                                          | 15                   |
| Теплопроизводительность, Гкал/ч                                         | 100                  |
| Температура воздуха в воздухоподогревателе °С:                          |                      |
| на входе                                                                | 30/55*               |
| на выходе                                                               | 228/254*             |
| Тепловое напряжение поперечного сечения топки, ккал/(м <sup>2</sup> ·ч) | 3,25·10 <sup>6</sup> |
| Тепловое напряжение объема топочной камеры, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч)    | 270·10 <sup>3</sup>  |
| Объем топки, м <sup>3</sup>                                             | 387                  |
| Размеры по осям колонн, м <sup>3</sup> :                                |                      |
| ширина                                                                  | 12,0                 |
| глубина                                                                 | 10,5                 |
| Высота до верха хребтовой балки, м                                      | 25,3                 |

\* В числителе данные при сжигании природного газа, в знаменателе – мазута

### 6.17. Котел Е-160-1,4/2,4-250 ГМ (ТГМЕ-187)

Котел Е-160-1,4/2,4-250 (300) ГМ (ТГМЕ-187) предназначен для работы на природном газе и мазуте. Устанавливается на ТЭЦ и котельных предприятиях различных отраслей народного хозяйства.

Котел с естественной циркуляцией, однокорпусный, закрытой П-образной компоновки, с уравновешенной тягой, рассчитан на средние параметры пара 1,4 или 2,4 МПа (рис. 117, 118).

Котел состоит из топочной камеры и опускного газохода, соединенных в верхней части горизонтальным газоходом. Топочная камера открытого типа, призматическая, прямоугольного сечения с размерами по осям труб экранов 5,6х9,04 м. Стены топочной камеры экранированы газоплотными панелями из труб Ø 60х4 мм с шагом 80 мм с сваренной полосой размерами 6х21,5 мм. Материал труб и полосы – сталь 20.

Блоки заднего экрана в верхней части имеют разводки для прохода испарительных ширм. В районе пересечения горизонтального газохода трубы заднего экрана образуют

двухрядный фестон.

Топка оборудована двумя газомазутными горелками типа ГМУ-45, расположенными по одной на каждой боковой стене. По оси горелки (В центральном канале) устанавливается паромеханическая форсунка ФПМ-4600/2500.

Барабан котла сварной, изготовлен из стали 20К. Внутренний диаметр барабана 1500 мм, толщина стенки 30 мм или 36 мм, в зависимости от давления пара 1,4 или 2,4 МПа.

В случае двухступенчатой схемы испарения в первую ступень включены барабан с жалюзийными сепараторами, все экраны топочной камеры и десять средних испарительных ширм. Вторая ступень испарения включает в себя два циркуляционных контура, образованных двумя выносными циклонами и шестью крайними ширмами (по три ширмы на каждый циклон).

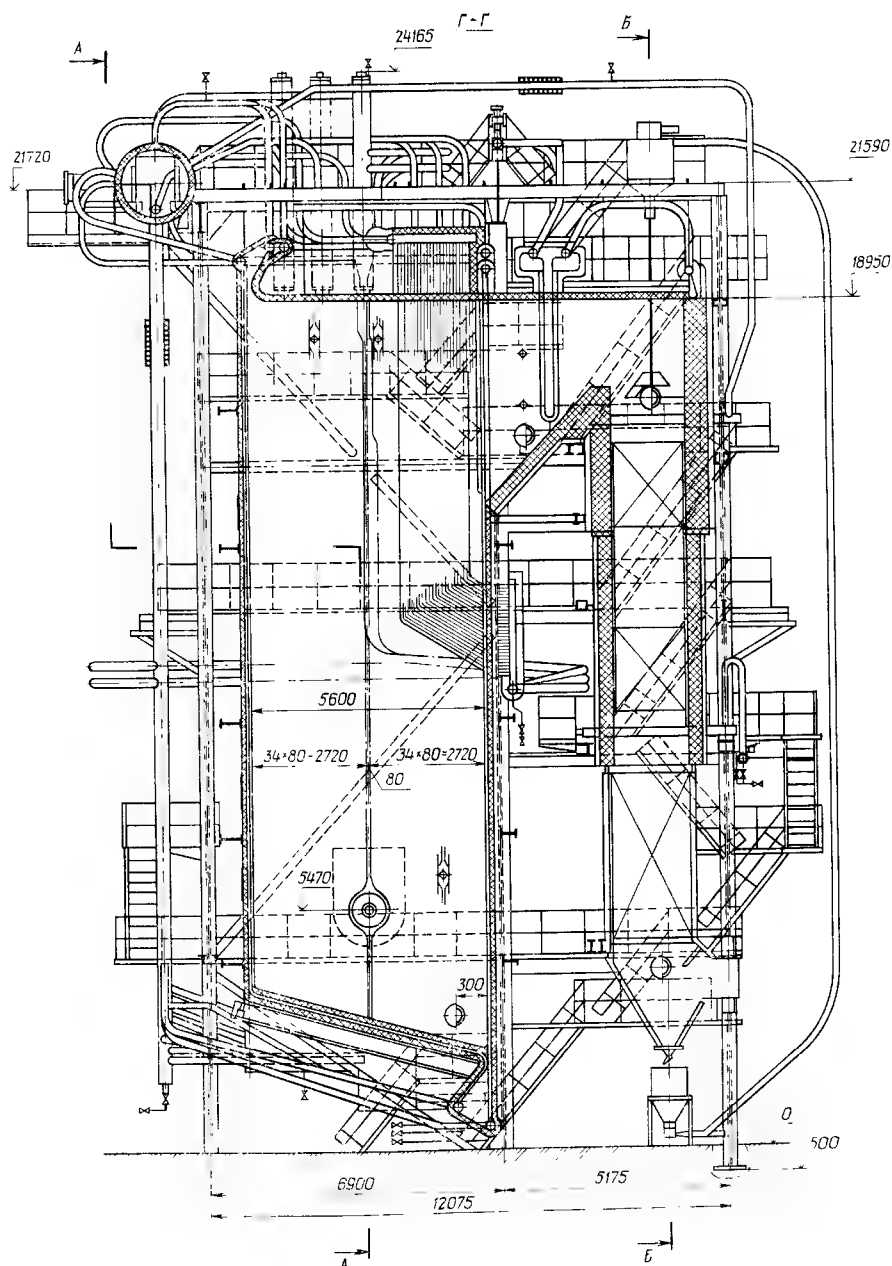


Рис. 117. Продольный разрез котла Е-160-1,4/2,4-250 ГМ (ТГМЕ-187)

Питание экранов из барабана осуществляется двумя стояками  $\varnothing 426 \times 16$  мм, вваренными в барабан, и трубами  $\varnothing 133 \times 6$  мм (по две трубы на каждую панель); питание испарительных ширм из барабана и выносных циклонов – трубами  $\varnothing 159 \times 7$  мм.

Отвод пароводяной смеси в барабан от экранов и ширм первой ступени испарения осуществляется по трубам  $\varnothing 133 \times 6$  мм. Питание выносных циклонов из барабана, подвод воды от циклонов к нижним сборным коллекторам осуществляется по трубам  $\varnothing 219 \times 6$  мм ширм второй и третьей ступени, отвод пароводяной смеси в циклоны из верхних сборных коллекторов – по трубам  $\varnothing 219 \times 6$  мм испарительных ширм, а также отвод пара из циклонов в барабан осуществляется по трубам  $\varnothing 159 \times 7$  мм.

Пароперегреватель котла включает в себя радиационную часть (потолочный пароперегреватель) и конвективную. Потолочный пароперегреватель над топкой образован газоплотными сварными панелями из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм с шагом 52 мм. Между трубами вварена полоса размерами  $21,5 \times 6$  мм. Материал труб и полосы – сталь 20.

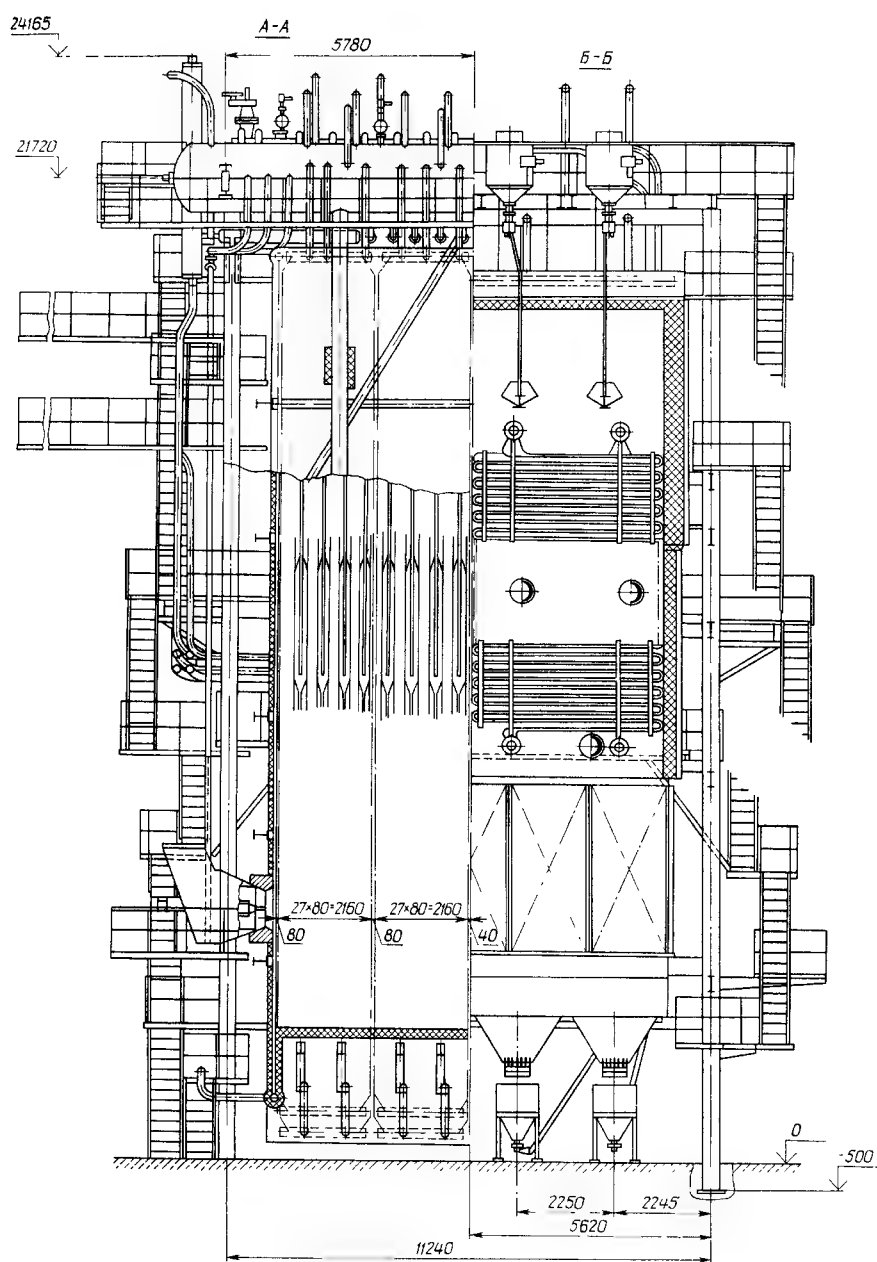


Рис. 118. Поперечный разрез котла Е-160-1,4/2,4-250 ГМ (ТГМЕ-187)

Потолочная часть пароперегревателя, расположенная над горизонтальным и опускаемым газоходом, выполнена из труб  $\varnothing 42 \times 5$  мм с разводками для прохода змеевиков конвективного пароперегревателя и узлов установки дробеочистки. Конвективный пароперегреватель расположен в горизонтальном газоходе и представляет собой блоки из пакетов змеевиков  $\varnothing 38 \times 3$  мм (сталь 20).

Котел имеет один самостоятельный поток по пару. Регулирование температуры перегретого пара производится впрыском в парохладитель питательной воды.

В опускаемом газоходе котла расположены водяной экономайзер и трубчатый воздухоподогреватель. Водяной экономайзер разделен по высоте на два блока и выполнен из труб  $\varnothing 28 \times 4$  мм. Трубчатый воздухоподогреватель состоит из одной ступени, является одноступенчатым по воздуху и выполнен из труб  $40 \times 1,5$  мм. Материал труб и трубных досок – Ст. 3. Для создания газовой плотности и компенсации температурных расширений в верхней части воздухоподогревателя установлен компенсатор.

Топочная камера и пароперегреватель подвешены к собственному каркасу котла, элементы опускаемого газохода опираются на собственный портал. Пароперепускные трубы и коллекторы, расположенные в верхней части котла, имеют индивидуальную натрубную изоляцию.

Обмуровка котла представляет собой натрубную изоляцию из холста супертонкого штапельного волокна горных пород. Огнеупорные материалы применены только на амбразурах горелок и гарнитуре.

Для очистки поверхностей нагрева котла от загрязнений используются паровая обдувка конвективного пароперегревателя и дробеочистка экономайзера и воздухоподогревателя.

Котел спроектирован с учетом возможности ремонта всех поверхностей нагрева внутри газоходов. Изготавливается и поставляется на монтаж транспортабельными блоками. Снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, горения и регулирования температуры перегретого пара автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

#### Технические характеристики

|                                                            |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Номинальная паропроизводительность, т/ч                    | 160                   |
| Вид топлива                                                | Газ, мазут            |
| Давление пара на выходе, МПа                               | 2,4; 1,4              |
| Температура, °С:                                           |                       |
| пара на выходе                                             | 300; 250              |
| питательной воды                                           | 145                   |
| уходящих газов                                             | 124/193*              |
| горячего воздуха                                           | 127/168               |
| воздуха на входе в воздухоподогреватель                    | 30/90                 |
| Потери от химической и механической неполноты сгорания, %  | 0,5                   |
| КПД (брутто) гарантийный, %                                | 93/92,5               |
| Теплонапряжение топочного объема, ккал/(м <sup>3</sup> ·ч) | 140,3·10 <sup>3</sup> |
| Аэродинамическое сопротивление котла, мм вод. ст.:         |                       |
| по газам                                                   | 147,8                 |
| по воздуху                                                 | 233,2                 |
| Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>                      | 668,4                 |
| Размеры котельной ячейки, м:                               |                       |
| глубина                                                    | 24                    |
| ширина                                                     | 18                    |

\* В числителе данные при сжигании газа, в знаменателе – мазута

## 7. ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Высоконапорные парогенераторы (ВПП) предназначены для работы в составе паровых установок (ПГУ), в том числе с внутрицикловой газификацией топлива.

ВПП-600 и ВПП-655 предназначены для выработки перегретого пара при работе с паровыми турбинами Т-180/210-130 и К-210-130. Уходящие из ВПП газы используются в газотурбинных агрегатах типа ГТД-45.

Завод-изготовитель – ПО «Красный котельщик».

ВПП относятся к разряду новой техники (разрабатываются впервые).

### 7.1. Высоконапорный парогенератор ВПП-655-13,8-545

Высоконапорный парогенератор ВПП-655-13,8-545 производительностью 655 т/ч, давлением 13,8 МПа, температурой перегрева пара 545/545 °С с дополнительной камерой сгорания (ДКС) предназначен для работы в составе ПГУ мощностью 250 МВт с внутрицикловой газификацией твердого топлива с паровой турбиной – Т-180/210-130 или К-215-130 и газотурбинным агрегатом ГТД-45-2.

Высоконапорный парогенератор и дополнительная камера сгорания предназначены для работы на низкокалорийном генераторном газе (НKG), а также резервном топливе (жидкое газотурбинное или природный газ). Низкокалорийный генераторный газ с низшей теплотой сгорания не менее 3800 кДж/м<sup>3</sup> вырабатывается из твердого топлива (угля) высоконапорным генератором газа ГГПВ-100-20, входящим в состав парогазовой установки.

Газогенерирующая установка имеет в своем составе собственно газогенератор с конвективной шахтой, газоохладитель и газонагреватель. Газогенератор ГГПВ-100-20 предназначен для выработки низкокалорийного газа и энергетического пара в испарительных и экономайзерных поверхностях нагрева, расположенных в газогенераторе и включенных параллельно соответствующим поверхностям ВПП.

Испарительные поверхности нагрева газогенерирующей установки имеют собственный контур принудительной циркуляции, замыкающийся на свой барабан и передающий сухой насыщенный пар на перегрев в ВПП-655-13,8-545.

В испарительных поверхностях нагрева газогенерирующей установки вырабатывается до 40 % испарительного тепла. В составе ПГУ-250 содержится два комплекта газогенерирующего оборудования и принадлежащих ему систем и устройств.

Высоконапорный парогенератор одновременно генерирует пар для газотурбинной установки и продукты сгорания для газотурбинной части.

ВПП-655-13,8-545 выполнен в дубль-блочном исполнении (двухкорпусном), работает под высоким давлением продуктов сгорания (рис. 119, 120).

Каждый корпус, имеющий П-образную компоновку цилиндрических корпусов, включает в свой состав: топочную камеру, соединительный газоход, конвективную шахту, отдельно стоящую дополнительную камеру сгорания и газоход, соединяющий конвективную шахту с дополнительной камерой сгорания.

Кроме этого, за газовой турбиной (по ходу газов) расположены: поверхности нагрева ВПП, работающие под атмосферным давлением газов: входной пакет промперегревателя, экономайзер первой ступени, экономайзер второй ступени (газоводяной подогреватель высокого давления (ГВПВД), включенный параллельно ПВД), экономайзер третьей ступени (газоводяной подогреватель низкого давления (ГВПНД), включенный параллельно ПНД). Часть испарительных и экономайзерных поверхностей нагрева располагается в газогенерирующей установке. Испарительные поверхности нагрева топочных камер и дополнительных камер сгорания имеют многократную принудительную циркуляцию, подключаемую к двум барабанам-сепараторам (по одному барабану на каждый корпус ВПП и по три циркуляционных насоса).



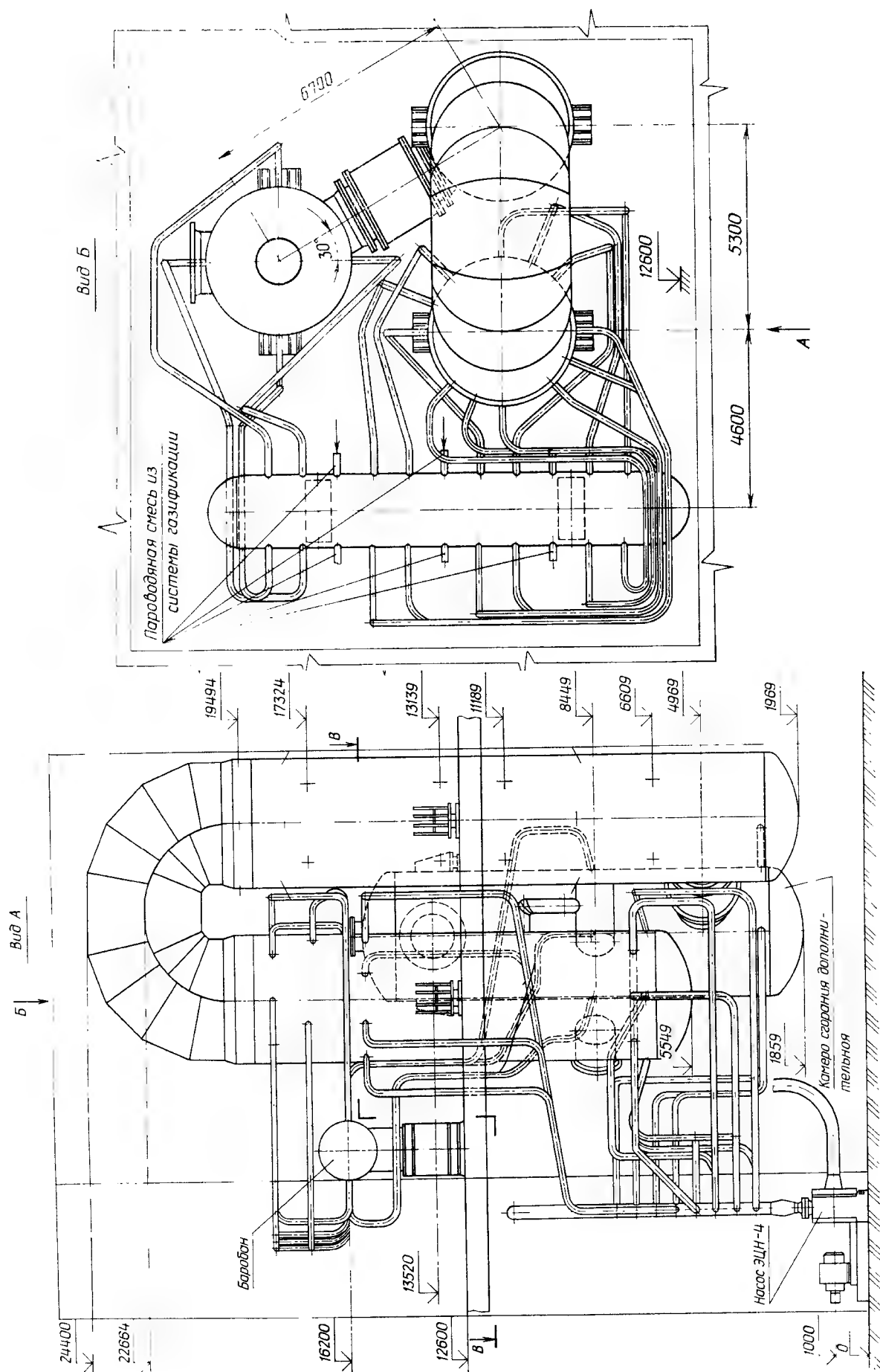


Рис. 120. Общий вид котла стационарного высоконапорного ВПГ-655 с дополнительной камерой сгорания

Топочная камера представляет собой экранированный в плане восьмигранник с диаметром вписанной окружности 2,64 м, установленный в силовой цилиндрический корпус диаметром 3,8 м. На неэкранированном поду топочной камеры установлены 10 горелок для резервного топлива на высоте 3 м от пода. В плане, тангенциально к воображаемой окружности установлены четыре неэкранированных предтопка для обеспечения поджигания низкокалорийного газа внутри предтопков и последующего его сжигания в топочном объеме. В верхней части топки располагаются радиально 16 испарительных ширм, включенных по среде параллельно экранам. Экраны топки выполнены из газоплотных панелей из труб  $\varnothing 50 \times 5$  мм с шагом 64 мм.

За экранами топочной камеры расположен горообразный соединительный газоход (внутри силового корпуса которого установлены экраны первой ступени пароперегревателя), предназначенный для направления продуктов сгорания из топочной камеры в конвективную шахту. Конвективная шахта представляет собой вертикальный экранированный трубами пароперегреватель второй ступени и представляет параллелепипед, установленный в силовой цилиндрический корпус с диаметром 3,8 м.

Экранирование стен трубной части соединительного газохода и конвективной шахты выполнено газоплотным из плавниковых труб. Внутри экранированного газохода конвективной шахты то ходу газов сверху вниз установлены выходные пакеты первичного и вторичного пароперегревателя (аустенитные). В нижней части конвективной шахты размещена неэкранированная приемная камера для поворота и направления продуктов сгорания с температурой 700 °С в дополнительную камеру сгорания через специальный неэкранированный сильфонный газоход.

Дополнительная камера сгорания представляет собой цилиндрический силовой корпус диаметром 3,8 м, внутри нижней части которого размещены испарительные поверхности нагрева, включенные в контур принудительной циркуляции параллельно испарительным поверхностям топки.

На днище силового корпуса и на неэкранированном поду камеры сгорания расположены подовые горелки. Горелки предназначены для сжигания НКГ, выработки пара в испарительных экранах и для подогрева продуктов сгорания из конвективной шахты ВПГ до температуры, необходимой для газовой турбины ГТЭ-45-2.

Экраны дополнительной камеры сгорания выполнены газоплотными из плавниковых труб.

Газоход от экранов дополнительной камеры сгорания до входа в газовую турбину выполнен из аустенитных сталей.

Экономайзерные поверхности нагрева расположены в газовом тракте низкого давления, т. е. в газоходе газовая турбина – дымовая труба.

Регулирование температуры перегретого пара производится впрыском питательной воды. Регулирование температуры промпрегрева осуществляется впрыском воды из промежуточной ступени питательного насоса, избытком воздуха. Для ВПГ-655-13,8-545 в качестве вентилятора и воздухоподогревателя одновременно применяется компрессор газотурбинной установки ГТЭ-45-2. Обмуровка ВПГ выполнена в виде изоляции на силовых корпусах. Изоляция газоходов экономайзера обшита металлическим листом. Силовые корпуса установлены на специальном каркасе при помощи внешних опор. Экономайзерные поверхности имеют самостоятельный каркас.

ВПГ-655-13,8-545 снабжен площадками и лестницами, а также необходимой арматурой, устройствами для отбора пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

Основные характеристики ВПГ и поверхностей нагрева даны ниже.

В качестве комплектующего оборудования в состав ВПГ входит электроциркуляционный насос ЭЦН-4А производства ЛПО «Пролетарский завод».



### Технические характеристики

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| Паропроизводительность, т/ч           | 655        |
| Давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ): |            |
| пара высокого давления                | 13,8 (140) |
| пара промперегрева                    | 2,6 (26,5) |
| Температура, °С:                      |            |
| газов за ВПГ (ДКС)                    | 850        |
| перегрева пара                        | 545        |
| пара промперегрева                    | 545        |
| Температура, °С:                      |            |
| питательной воды                      | 245        |
| уходящих газов                        | 120        |

### 7.2. Высоконапорный парогенератор ВПГ-600-13,8-545

Высоконапорный парогенератор ВПГ-600-13,8-545 предназначен для работы в составе ПГУ мощностью 250 МВт с паровыми турбинами К-210-130 или Т-175-130 и газотурбинным агрегатом ГТ-45-850. ВПГ одновременно гарантирует пар для паротурбинной части установки и продукты сгорания для газотурбинной части.

Высоконапорный парогенератор предназначен для сжигания в нем попутного нефтяного, природного газа и жидкого малозольного (газотурбинного) топлива.

Высоконапорный парогенератор ВПГ-600-13,8-545 выполнен в двухкорпусном симметричном исполнении (в дубли-блочном исполнении), работает под высоким давлением газов (рис. 121). Каждый корпус, имеющий П-образную компоновку цилиндрических корпусов, включает в свой состав: топочную камеру, соединительный газоход, конвективную шахту, отдельно стоящую дополнительную камеру сгорания и газоход, соединяющий конвективную шахту с дополнительной камерой сгорания. Кроме того, за газовой турбиной по ходу газов располагаются поверхности нагрева, работающие под атмосферным давлением газов, экономайзер первой ступени, экономайзер второй ступени (газоводяной подогреватель высокого давления, включенный параллельно ПВД), экономайзер третьей ступени (газоводяной подогреватель низкого давления, включенный параллельно ПНД).

Испарительные поверхности нагрева топочных камер и дополнительных камер сгорания имеют многократную принудительную циркуляцию, подключаемые к двум барабанам-сепараторам по одному на каждый корпус ВПГ и по три циркуляционных насоса.

Топочная камера представляет собой вертикальный, экранированный в плане восьмигранник с диаметром вписанной окружности 2,64 м, установленный в силовой цилиндрический корпус с внутренним диаметром 3,8 м. На неэкранированном поду топочной камеры установлены 10 горелок. В верхней части топки располагаются радиально 16 испарительных ширм, включенных в среде параллельно экранам. Экраны топки выполнены в виде газоплотных панелей из труб Ø 50x5 мм с шагом 64 мм. За экранами топочной камеры расположен торообразный соединительный газоход, внутри силового корпуса которого установлены экраны первой ступени пароперегревателя, и предназначен для направления продуктов сгорания из топочной камеры в конвективную шахту.

Конвективная шахта представляет собой вертикальный экранированный параллелепипед, установленный в силовой цилиндрический корпус с диаметром 3,8 м.

Экранирование трубной части конвективной шахты, как и соединительного газохода, выполнено газоплотным из плавниковых труб. Внутри экранированного газохода конвективной шахты по ходу газов сверху вниз установлен выходной пакет пароперегревателя высокого давления (аустенитный). За ним установлен выполненный одной ступенью

вторичный пароперегреватель (из труб  $\varnothing 60 \times 5$  мм – аустенитный). В нижней части конвективной шахты размещены неэкранированная приемная камера для поворота и направления продуктов сгорания с температурой  $700^\circ\text{C}$  в дополнительную камеру сгорания через специальный неэкранированный сильфонный газоход.

Дополнительная камера сгорания представляет собой цилиндрический силовой корпус диаметром 3,8 м, внутри нижней части которого размещены испарительные поверхности нагрева, включенные в контур принудительной циркуляции параллельно испарительным поверхностям топки.

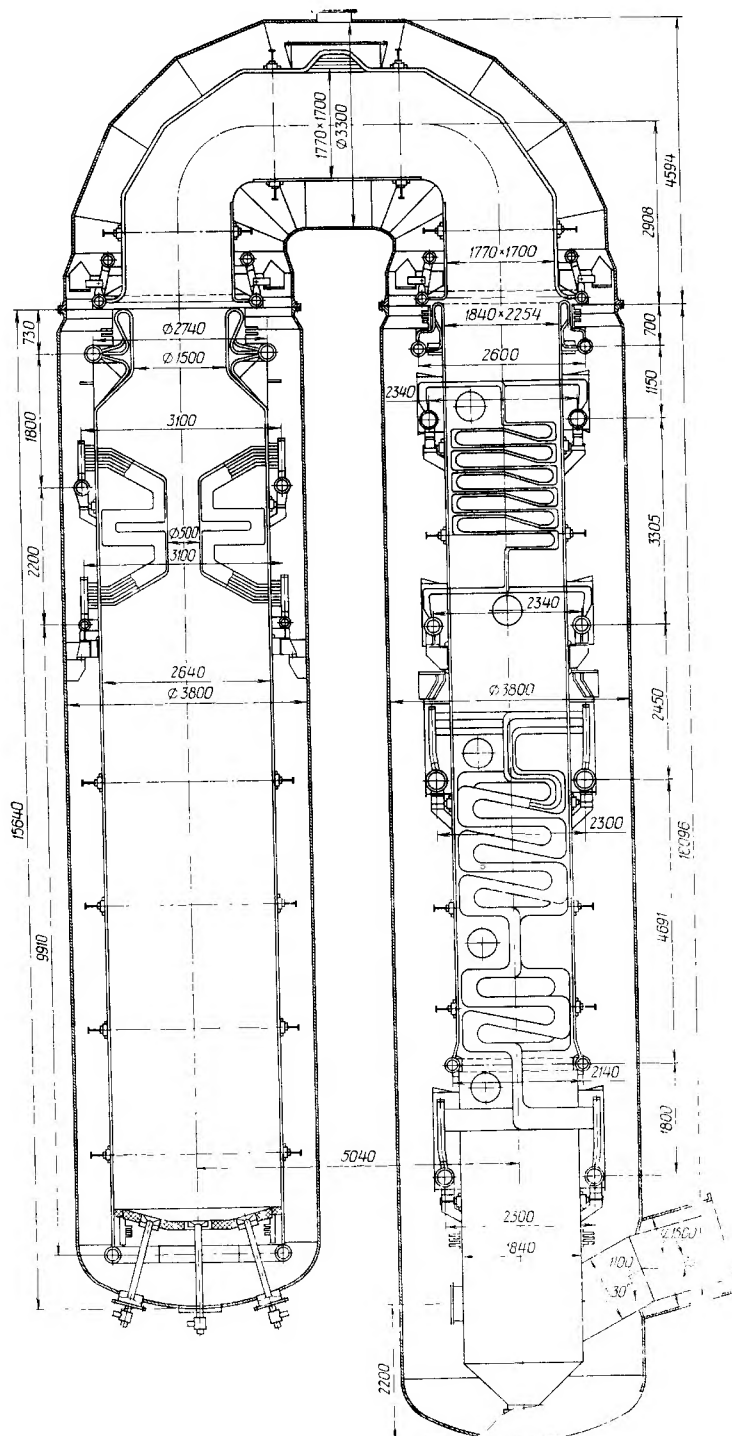


Рис. 121. Продольный разрез высоконапорного парогенератора ВПГ-600-13,8-545

На днище силового корпуса и на неэкранированном ходу камеры расположены ходовые горелки. Горелки предназначены для сжигания природного газа, выработка пара в испарительных экранах и для подогрева продуктов сгорания из конвективной шахты ВПГ до температуры, необходимой для газовой турбины ГТ-45-850.

Экраны дополнительной камеры сгорания выполнены газоплотными из плавниковых труб. Газоход от экранов дополнительной камеры сгорания до входа в газовую турбину выполнен из аустенитных сталей. Экономайзерные поверхности нагрева расположены в газовом тракте низкого давления, т. е. в газоходе газовая турбина – дымовая труба.

Регулирование температуры перегретого пара производится впрыском питательной воды. Регулирование температуры промперегрева осуществляется впрыском воды из промежуточной ступени питательного насоса, избытком воздуха. Для ВПГ-600-13,8-545 функции вентилятора и воздухоподогревателя выполняет компрессор газотурбинной установки ГТ-45-850. Обмуровка ВПГ выполнена в виде изоляции на силовых корпусах. Изоляция газоходов экономайзера обшита металлическим листом. Силовые корпуса установлены на специальном каркасе при помощи внешних опор. Экономайзерные поверхности имеют самостоятельный каркас. ВПГ-600-13,8-545 снабжен площадками и лестницами, а также необходимой арматурой, устройствами для отбора пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами и средствами автоматизации и тепловой защиты технологических процессов.

Техническая характеристика ВПГ и поверхностей нагрева приведена ниже.

В качестве комплектующего изделия в состав ВПГ входят электроциркуляционный насос ЭЦН-4А.

#### Технические характеристики

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| Паропроизводительность, т/ч                | 600        |
| Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ): |            |
| высокого давления                          | 13,8 (140) |
| промперегрева                              | 2,6 (26,5) |
| Температура, °С:                           |            |
| газов за ВПГ (ДКС)                         | 850        |
| перегрева пара высокого давления           | 545        |
| пара промперегрева                         | 545        |
| питательной воды                           | 246,2      |
| уходящих газов                             | 132        |

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. М.: Энергоатомиздат, 1988. 528 с.
2. Бордюков, А. П. Тепломеханическое оборудование тепловых электростанций / А. П. Бордюков, Л. Д. Гинзбург-Шик. М.: Энергия, 1978. 272 с.
3. Белинский, С. Я. Энергетические установки электростанций / С. Я. Белинский, Ю. М. Липов. М.: Энергия, 1974. 304 с.
4. Мейкляр, М. В. Паровые котлы электростанций / М. В. Мейкляр. М.: Энергия, 1974. 255 с.
5. Ковалев, А. П. Парогенераторы / А. П. Ковалев, Н. С. Лелеев, Т. В. Виленский. М.: Энергоатомиздат, 1981. 374 с.
6. Паровые котлы большой мощности. Отраслевой каталог 20-90-07. М.: Минтяжмаш, 1990. 160 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                                                  | 3  |
| 1. УСТРОЙСТВО КОТЛОАГРЕГАТОВ                                                                                              | 4  |
| 1.1. Устройство котлоагрегатов с естественной циркуляцией                                                                 | 4  |
| 1.2. Устройство прямоточных котлоагрегатов                                                                                | 6  |
| 1.3. Устройство котлов, работающих под наддувом                                                                           | 8  |
| 1.4. Компоновка котельных агрегатов                                                                                       | 8  |
| 2. КОНСТРУКЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ<br>КОТЛОАГРЕГАТОВ                                                                      | 10 |
| 2.1. Топки для сжигания пылевидного топлива                                                                               | 10 |
| 2.1.1. Циклонные топки                                                                                                    | 12 |
| 2.1.2. Устройства для удаления шлака                                                                                      | 14 |
| 2.2. Топки для сжигания жидкого и газообразного топлива                                                                   | 15 |
| 2.3. Барабаны, устройства для сепарации пара от влаги,<br>ступенчатое испарение                                           | 16 |
| 2.4. Экраны (радиационная часть)                                                                                          | 21 |
| 2.4.1. Экраны котлоагрегатов с естественной циркуляцией                                                                   | 21 |
| 2.4.2. Экраны (радиационная часть) прямоточных<br>котлоагрегатов                                                          | 23 |
| 2.4.3. Радиационная часть котлоагрегатов, работающих<br>под наддувом                                                      | 25 |
| 2.5. Пароперегреватели                                                                                                    | 26 |
| 2.5.1. Регулирование температуры первичного пара                                                                          | 29 |
| 2.5.2. Регулирование температуры промежуточного пара                                                                      | 30 |
| 2.6. Водяные экономайзеры                                                                                                 | 31 |
| 2.7. Воздухоподогреватели                                                                                                 | 33 |
| 2.7.1. Трубчатый воздухоподогреватель                                                                                     | 33 |
| 2.7.2. Регенеративный воздухоподогреватель                                                                                | 33 |
| 2.8. Каркасы                                                                                                              | 34 |
| 2.9. Обмуровка. Гарнитура. Арматура                                                                                       | 37 |
| 2.10. Устройства для наружной очистки поверхностей нагрева                                                                | 40 |
| 3. ПРЕДПРИЯТИЯ-ИЗГОТОВИТЕЛИ ПАРОВЫХ КОТЛОВ<br>БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ                                                            | 42 |
| 3.1. Производственное объединение «Красный котельщик»                                                                     | 42 |
| 3.2. Подольский машиностроительный завод (ЗиО)                                                                            | 52 |
| 3.3. Производственное объединение «Сибэнергомаш»                                                                          | 56 |
| 4. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО<br>ОБЪЕДИНЕНИЯ «КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК»                                                     | 62 |
| 4.1. Котел Пп-3950-25-545/542 ГМН (ТГМП-1202)                                                                             | 62 |
| 4.2. Котел Пп-2650-25-545/542 ГМН (ТГМП-204ХЛ)                                                                            | 66 |
| 4.3. Котел Пп-2650-25-545/542 ГМ (ТГМП-806ХЛ)                                                                             | 70 |
| 4.4. Котел Пп-2650-25-545/542 Г (ТГП-805СЗ)                                                                               | 73 |
| 4.5. Котел Пп-2650-25-545/542 КТ (ТПП-804)                                                                                | 77 |
| 4.6. Паровые котлы Кп-1000-25-454/542 ГМН<br>(ТГМП-344СО, ТГМП-344А, ТГМП-344АС, ТГМП-344АСО)                             | 81 |
| 4.7. Паровые котлы Еп-670-13,8-545 ГМН (ТГМЕ-206,<br>ТГМЕ-206ВСО, ТГМЕ-206ДВСО, ТГМЕ-206АСО,<br>ТГМЕ-206 БСО, ТГМЕ-206ХЛ) | 85 |
| 4.8. Котлы Еп-670-13,8-545 КДТ (ТПЕ-214СЗХЛ, ТПЕ-214А)                                                                    | 89 |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.9. Котлы Еп-670-13,8-545 КГТ (ТПЕ-215, ТПЕ-215СЗ, ТПЕ-215, ТПЕ-215АС, ТПЕ-215БС) | 93  |
| 4.10. Котел Еп-670-13,8-545 БТ (ТПЕ-216)                                           | 99  |
| 4.11. Котел Е-500-13,8-560 ГМН (ТГМЕ-464)                                          | 103 |
| 4.12. Котел Е-500-13,8-560 ГМВН (ТГМЕ-428)                                         | 106 |
| 4.13. Котел Е-500-13,8-560 КДТ (ТПЕ-430)                                           | 110 |
| 4.14. Котел Е-500-13,8-560 ГДТ (ТПЕ-431)                                           | 113 |
| 4.15. Котел Е-500-13,8-560 БВЖ (ТПЕ-427)                                           | 117 |
| 4.16. Котел Е-400-13,8-560 КДТ (ТПЕ-429)                                           | 121 |
| 5. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПОДОЛЬСКОГО<br>МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА (ЗиО)                   | 125 |
| 5.1. Котел Пп-2650-25-545/542 БТ (П-67)                                            | 125 |
| 5.2. Котел Пп-1650-25-545/542 КТ (П-57Р)                                           | 129 |
| 5.3. Котел Пп-1650-25-545/542 БТ (П-75)                                            | 133 |
| 5.4. Котел Пп-1650-25-545 КТ (П-76)                                                | 137 |
| 5.5. Котел Пп-1650-25-545 БТ (П-78)                                                | 140 |
| 5.6. Котел Пп-1150-13,8-545 Г (П-77)                                               | 144 |
| 5.7. Котел Пп-1000-25-545/542 БГТ (П-64-3)                                         | 149 |
| 5.8. Котел Пп-1000-25-545/542 Г (П-74)                                             | 153 |
| 5.9. Котел Пп-660-13,8-545 ДТ (П-65)                                               | 157 |
| 5.10. Котел Еп-670-13,8-545 ДТ (П-62)                                              | 161 |
| 6. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ПО "СИБЭНЕРГОМАШ"                                                 | 165 |
| 6.1. Котел Еп-690-13,8-540 КТ (БКЗ-690-140)                                        | 165 |
| 6.2. Котел Еп-670-13,8-545 БТ (БКЗ-670-140-3)                                      | 169 |
| 6.3. Котел Е-500-13,8-560 БТ (БКЗ-500-140-1)                                       | 172 |
| 6.4. Котел Е-420-13,8-560 ГМН (БКЗ-420-140НГМ-4)                                   | 176 |
| 6.5. Котел Е-420-13,8-560 БЖ (БКЗ-420-140 ПТ-2)                                    | 180 |
| 6.6. Котел Е-420-13,8-560 КТ (БКЗ-420-140-5)                                       | 184 |
| 6.7. Котел Е-420-13,8-560 БТ (БКЗ-420-140-7)                                       | 188 |
| 6.8. Котел Е-320-13,8-560 КТ/ДТ (БКЗ-320-140-6)                                    | 191 |
| 6.9. Котел Е-320-13,8 Ж (БКЗ-320-140 ПТ-5)                                         | 195 |
| 6.10. Котлы Е-320-13,8-560 ГМ (БКЗ-320-140 ГМ-8 и БКЗ-320-140ГМ-8с)                | 198 |
| 6.11. Котлы Е-220-9,8-540 КБТ (БКЗ-220-100-9, БКЗ-220-100-9с)                      | 202 |
| 6.12. Котел Е-220-9,8-540 ДТ (БКЗ-220-100-11с)                                     | 206 |
| 6.13. Котел Е-220-9,8-540 БТ (БКЗ-220-100-12с)                                     | 208 |
| 6.14. Котел Е-220-9,8-540 Г (БКЗ-220-100-Г1)                                       | 211 |
| 6.15. Котел Е-210-13,8-560 КБТ (БКЗ-210-140-9)                                     | 214 |
| 6.16. Котел Е-160-9,8-540 ГМ (БКЗ-160-100 ГМ-4 и БКЗ-160-100 ГМ-4с)                | 217 |
| 6.17. Котел Е-160-1,4/2,4-250 ГМ (ТГМЕ-187)                                        | 219 |
| 7. ВЫСОКОНАПОРНЫЕ ПАРОГЕНЕРАТОРЫ                                                   | 223 |
| 7.1. Высоконапорный парогенератор ВПГ-655-13,8-545                                 | 223 |
| 7.2. Высоконапорный парогенератор ВПГ-600-13,8-545                                 | 227 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК                                                           | 229 |